ȘTIINȚA PENTRU TOȚI

117

VIRGIL V. SCURTU

Observatorul astronomului amator

COLECȚIA „ȘTIINȚA PENTRU TOȚI"
apare sub egida
CONSILIULUI NAȚIONAL
AL FRONTULUI DEMOCRAȚIEI
ȘI UNITĂȚII SOCIALISTE

VIRGIL V. SCURTU

Observatorul astronomului amator

Florian Severin.

Amicului Florian Severin, veșnic pasionat astronom amator, cu respectuoase omagii din partea autorului,

Virgil Scurtu

19.11.1987

EDITURA ȘTIINȚIFICĂ ȘI ENCICLOPEDICĂ
București, 1980

Coperta colecției: KERRY EUGEN

CUPRINS

PREFAȚĂ 7

INTRODUCERE 10

CAPITOLUL 1. CÎTEVA CUVINTE DESPRE OBSERVAȚIA ASTRONOMICĂ 15

1.1. Generalități 15
1.2. Măsurări de unghiuri 16
1.3. Elementele sferei cerești 17
1.4. Sisteme de coordonate 19
1.5. Monturi utilizate în astronomie 21
1.6. Scara mărimilor stelare. Formula lui Pogson . . . 22
1.7. Elemente de astrofotometrie 23
1.8. Elemente de meteorologie 25

CAPITOLUL 2. LUNETA ASTRONOMICĂ ȘI TELESCOPUL 28

2.1. Descriere generală 28
2.2. Caracteristicile obiectivului 29
2.3. Ocularul 33
2.4. Grosismentul, sau puterea de mărire 38
2.5. Luneta astronomului amator 42

CAPITOLUL 3. REFLECTORUL ȘI AVANTAJELE SALE 46

3.1. Scurt istoric 46
3.2. Sisteme de telescoape 47
3.3. Compararea reflectorului cu refractorul 52

CAPITOLUL 4. CUM CONSTRUIM UN TELESCOP . . 54
4.1. Materialele necesare 56
4.2. Stabilirea proiectului 58
4.3. Degroşarea (ebroşarea) oglinzii principale 59
4.4. Dusisarea sau şlefuirea fină 65
4.5. Polizarea 67
4.6. Controlul optic 72
4.7. Corectarea defectelor 77
4.8. Argintarea 80
4.9. Realizarea oglinzii secundare 85
4.10. Centrarea optică 88
4.11. Montura telescopului reflector 89
4.12. Lucrul la telescop 91

CAPITOLUL 5. FOTOGRAFIA ASTRONOMICĂ 94
5.1. Generalităţi 94
5.2. Astrografe cu lungă distanţă focală 95
5.3. Astrografe cu scurtă distanţă focală 95
5.4. Fotografierea Soarelui, Lunii şi planetelor 98
5.5. Fotografierea stelelor 99
5.6. Fotografierea cometelor şi nebuloaselor 99
5.7. Fotografierea meteorilor şi sateliţilor artificiali 100
5.8. Fotografierea planetelor mici 100
5.9. Fotografierea în culori a corpurilor cereşti 101
5.10. Prelucrarea fotografiilor astronomice 102

CAPITOLUL 6. INSTRUMENTE ŞI DISPOZITIVE AUXILIARE 102
6.1. Filtrul helioscopic (solar) polarizant 102
6.2. Filtre de lumină colorate 103
6.3. Fotometre vizuale 104
6.4. Micrometrul filar 109
6.5. Spectroscopul de protuberanţe 109
6.6. Coronograful solar 111

CAPITOLUL 7. PRACTICA OBSERVAŢIILOR ASTRONOMICE 111
7.1. Observarea Soarelui 112
7.2. Observarea Lunii 112
7.3. Observarea suprafeţelor planetare 112
7.4. Observarea stelelor variabile 113
7.5. Observarea cometelor şi nebuloaselor 114

ÎNCHEIERE 114
ANEXA 116
BIBLIOGRAFIE 117

PREFAŢĂ

Odată cu revoluţia ştiinţifică şi tehnică, care se desfăşoară sub ochii noştri în ultimii ani, o dezvoltare considerabilă a înregistrat şi astronomia, nu numai datorită astronauticii, dar şi legării mai strînse cu fizica, ceea ce a dus la cîteva descoperiri epocale. Astfel se explică interesul sporit al maselor pentru acest pasionant domeniu al cunoaşterii umane.

Totuşi înţelegerea şi aprofundarea concepţiilor ştiinţifice, materialist-dialectice despre lume se face mai bine, mai temeinic, dacă practica se alătură teoriei. Raportată la astronomia elementară, de masă, practica înseamnă activitate de amator. Asemenea amatori au existat şi în secolele trecute, dar în prezent există o întreagă armată de astronomi amatori, care numără mii de membri, în cele mai multe dintre statele cu un înalt grad de civilizaţie.

Pentru a facilita o asemenea activitate sînt necesare însă cărţi bune, care să îndrume atît pe începători, cît şi pe avansaţi. La noi sînt cîteva cărţi în acest domeniu, dar care se adresează mai ales începătorilor. Ultima, apărută în 1974, este o încercare de a ridica nivelul de tratare.

Considerînd că baza activităţii astronomilor amatori este materialul şi pasiunea, ne propunem să ară-

tăm în cele ce urmează cum se poate realiza acest material, fără de care pasiunea nu va duce decît la eforturi sterile, timp pierdut și descurajare.

Elementul central îl constituie telescopul, căruia i-am destinat în această carte 3 capitole: capitolul 2 tratînd partea teoretică, capitolul 3 cu partea descriptiv-istorică și capitolul 4 cu partea practică-constructivă.

Pentru ca amatorul să înțeleagă bine modul de funcționare al telescopului am căutat să definim cît mai precis cele mai multe caracteristici ale acestuia, dînd de fiecare dată și formulele matematice care evidențiază aspectul cantitativ al definițiilor, iar acolo, unde a fost posibil, am dat și indicații asupra modului cum s-a ajuns la aceste relații. Am căutat, de asemenea, să ilustrăm cu figuri, cît mai amplu, materialul prezentat. Deoarece telescopul poate fi folosit de amator în activitatea sa nu numai pentru contemplarea corpurilor cerești, ci și pentru unele studii mai speciale, necesitînd măsurări cantitative, în capitolul 6 se descriu o seamă de aparate anexă cum sînt fotometrele, micrometrele și chiar aparate spectrale. Tehnica fotografică, utilizată mult în știința modernă, este de asemenea amplu tratată în capitolul 5. În final, în capitolul 7, se dau cîteva sfaturi utile pentru o rațională și eficientă exploatare a aparaturii descrise în capitolele anterioare.

Pasiunea pentru astronomie vine pe nesimțite. Și, după cum spunea și P. G. Kulikovskij în prefața la celebrul său „*Ghid al astronomului amator*": „În istoria astronomiei sînt nu puține cazuri cînd un simplu interes pentru știință s-a transformat într-o serioasă pasiune iar astronomul amator, căpătînd cunoștințele necesare și experiență, devine specialist".

Acum, cînd astronomia nu-și mai are loc în programa școlii noastre de cultură generală, cel mai eficient mod de propagandă a cunoștințelor despre Univers este încurajarea activității astronomilor amatori, care să devină la locul lor de muncă veritabile focare de culturalizare. Se poate astfel traduce în fapt dezideratul educației continui, la fața locului.

Așteptăm din partea cititorilor propuneri pentru o eventuală ediție îmbunătățită.

Autorul

INTRODUCERE

Astronomia este știința care se ocupă cu studiul corpurilor extraterestre. Dintre acestea enumerăm: stelele și sistemele de stele, planetele și sateliții lor, asteroizii și cometele, materia interplanetară și materia interstelară.

Fiind una dintre cele mai vechi științe, începuturile ei se pierd în negura preistoriei. Astronomia modernă are un cîmp de cercetare așa de vast, pentru care s-au imaginat atît de multe metode și tehnici, încît o subîmpărțire a fost necesară. Astfel se vorbește curent de astrometrie, mecanică cerească, astronomie stelară și astrofizică, cosmogonie și cosmologie. În ultima vreme este menționată tot mai des „astronomia invizibilului" (radioastronomia, astronomia X și gama, astronomia neutrinică etc.), care se ocupă cu studierea radiațiilor neoptice ale corpurilor cerești.

În ciuda proliferării metodelor de investigare, numărul astronomilor profesioniști este destul de mic, ei fiind, în general, cu cîteva ordine de mărime mai mic decît al altor profesiuni. Dar, cum spuneam și în prefață, în activitatea lor de cercetare a Universului, astronomii profesioniști sînt ajutați de o veritabilă armată de astronomi amatori. Se cuvin acum

cîteva precizări utile. Prin amator se înțelege acea persoană care iubește în mod deosebit ceva, de obicei o anumită activitate. Astfel de amatori sînt filateliștii, rebusiștii, melomanii etc. Amatorismul poate fi pasiv, cînd amatorul doar se interesează și admiră o anumită activitate, fără însă a o practica, sau activ, cînd amatorul se încumetă în timpul său liber să acționeze în domeniul ce-l pasionează. Acesta este amatorismul constructiv, demn de a fi încurajat. În artă, acest amatorism a fost încurajat și s-au obținut astfel rezultate bune. Mai sînt necesare unele precizări pentru a vedea care sînt diferențele dintre un amator și un profesionist. Acesta din urmă execută o anumită activitate în cadrul unei instituții de stat, care-i asigură condițiile necesare și remunerarea respectivă. Amatorul se dedică pasiunii sale doar în timpul său liber, creîndu-și singur condițiile necesare, iar recompensa obținută este doar de ordin moral. Între profesionist și amator mai intervine și noțiunea de specialist. Este greșită părerea după care numai un profesionist ar putea fi specialist. Sînt cazuri cînd realitatea, faptele, demonstrează tocmai contrariul. Sînt domenii în care succesul nu este asigurat de obținerea unui post și a unor condiții minime atunci cînd interesul, vocația și pasiunea lipsesc. Vom încerca în cele ce urmează să argumentăm valoarea acestui amatorism prin exemple din istoria astronomiei.

Putem începe, fără teamă de a greși, cu cel care a revoluționat știința astronomică în timpul Renașterii, permițînd, după cum afirma și Engels, emanciparea celorlalte științe. Acest om al Renașterii a fost de profesie canonic și medic, dar posteritatea îl cunoaște pe marele COPERNIC ca astronom. Astfel putem explica ușurința cu care s-a desprins de dogmele științei oficiale, ce dominaseră gîndirea umană mai

bine de două milenii. După Copernic, cazurile se înmulțesc și, aici, din lipsă de spațiu, vom da numai cîteva exemple celebre. Astfel, francezul J. L. PONS, inițial portar la Observatorul din Marsilia, a descoperit, în timpul îndelungatei sale activități de amator, peste 30 de comete, record ce nu a fost doborît de nimeni pînă azi. Un alt caz foarte celebru este acela al lui William HERSCHEL, muzician de profesie, care, pe la 40 de ani, se pasionează subit de astronomie și, din lipsă de mijloace materiale, începe să-și construiască singur telescoapele. El a realizat, în scurt timp, cele mai mari și mai bune instrumente de acest gen ale vremii, cu care a descoperit planeta Uranus și a pus bazele astronomiei stelare, fiind considerat pe drept cuvînt unul din fondatorii astronomiei moderne.

La începutul secolului al XIX-lea, medicul W.H.M. OLBERS descoperă două din primele 4 planete mici. În acest domeniu s-au manifestat și alți amatori. Dăm numai două exemple: HENKE, simplu poștaș din Berlin, a descoperit încă două planete, iar GOLDSCHMIDT, pictor german naturalizat francez, a mai descoperit 14 asemenea noi obiecte cosmice. În secolul nostru, deși știința capătă o bază materială tot mai vastă, tot mai scumpă, aportul amatorilor nu este mai puțin important. Uneori chiar acești amatori au contribuit, precum Herschel odinioară, la apariția unor direcții noi de cercetare. Iată în acest sens ce scrie Pierre Rousseau în minunata sa carte *„Călătorie la capătul științei"* (nr. 671 din B.P.T.) pag. 29: „În 1913 existau în lume numeroase observatoare dotate cu spectroheliografe. Cele mai renumite erau cele ale lui HALE la Chicago, cel al lui DESLANDRES la Meudon și cel al lui LOCKYER la Londra. Lockyer, Deslandres, Hale: această treime de exploratori ai Soarelui dinainte de 1914 îna locul

echipei de pionieri pe care o alcătuiseră Young, Secchi și Janssen. Era o epocă de „fanatici" ai științei, care lăsau cine știe ce meserie prozaică la chemarea unei vocații irezistibile și care înlocuiau uneori studiile cu intuiția și diplomele cu geniul! Hale, fiu al unui fabricant de ascensoare hidraulice, fusese sortit încă unei cariere de mare industriaș: Deslandres îmbrățișase cariera mareșalului Joffré, trecuse, ca și acesta prin Politehnică și devenise căpitan de geniu. Renunțase însă de la vîrsta de 28 de ani la orice perspectivă de a-și împodobi vreodată chipiul cu stele, dedicîndu-se studiului unui alt gen de stele la Observatorul din Paris. În ceea ce îl privește pe Lockyer, el nu era decît un umil funcționar la ministerul britanic de război, cînd, la 30 de ani, se simțise atras de analiza spectrală a Soarelui; ceea ce nu-l împiedicase să manifeste interes pentru arheologia preistorică, să facă critică literară și să scrie un tratat despre golf."

Continuăm cu cîteva exemple de astronomi amatori pe care America i-a dat omenirii. P. LOWELL abandonează cariera diplomatică pentru a se dedica studiului planetei Marte, construindu-și un bine utilat observator particular în Arizona. Aici, un alt amator, C. W. TOMBAUGH, fiu de fermier, va descoperi planeta Pluton. Este chiar semnificativ că două din cele trei mari planete descoperite în ultimele două secole se datoresc unor amatori! Edwin P. HUBBLE, indicat de studiile sale de drept carierei juridice, se dedică după primul război mondial astronomiei și, împreună cu Milson la Salle HUMASON, cioban la origine, lucrînd cu cele mai mari telescoape din lume, pune bazele astronomiei extragalactice. Iar foarte recent aflăm că descoperitorul ultimilor doi sateliți ai planetei Jupiter, Charles T. KOWAL, a fost inițial un tînăr astronom amator. Este adevărat că

mulți dintre aceștia, găsind înțelegerea necesară din partea forurilor competente, au putut activa, în cele din urmă, ca veritabili profesioniști.

În această jumătate a secolului nostru în lume sînt zeci de mii de astronomi amatori, cu mult mai mulți decît confrații lor profesioniști. Ei au observatoare particulare, uneori uimitor de bine utilate, sînt organizați în Asociații și Societăți locale, naționale și internaționale, scot publicații proprii deosebit de valoroase. Și dacă în acest secol al tehnicismului, cînd descoperiri epocale pot fi efectuate doar cu instrumente mari și scumpe, amatorii persevereză în frumoasa lor pasiune, aceasta se datorește unui alt aspect practic al activității lor. Prin marele lor număr ei constituie o veritabilă armată de popularizatori ai astronomiei, ai culturii în general.

Capitolul 1

CÎTEVA CUVINTE DESPRE OBSERVAȚIA ASTRONOMICĂ

1.1. Generalități

Prin observație astronomică se înțelege o operație efectuată asupra unui corp ceresc (sau asupra unei categorii de corpuri cerești) în scopul obținerii unui rezultat cantitativ sau calitativ: se determină momentul unui fenomen, se măsoară mărimea unghiulară a unui corp ceresc, se desenează aspectul unui obiect cosmic, se măsoară magnitudinea unei stele, se numără meteorii care apar într-un interval de timp într-o anumită arie de cer etc.

Spre deosebire de alte științe, unde observațiile se pot regiza dinainte, în condiții prestabilite, iar de multe ori se repetă, în astronomie nu putem interveni în desfășurarea fenomenului și nici să-l repetăm după dorință, nu putem, de exemplu, repeta începutul unei eclipse, la care, din diverse motive, nu am putut determina timpul exact al primului contact, sau nu putem repeta zborul unui meteor a cărui traiectorie nu am determinat-o cu destulă precizie spre a o nota pe hartă. De aceea, spre a evita situații nedorite, fiecare observație mai importantă, care nu este de rutină, se pregătește cu mult timp înainte. Aceasta evită și o stare de prea mare emotivitate a observatorului în momentul producerii fenomenului. Toate amănuntele trebuie luate în considerație.

Notarea rezultatelor observațiilor trebuie făcută foarte ordonat, pe caiete diferite, în general pe categorii de observații, de preferință cu creionul. Nu se admit ștersături cu guma. Se preferă a se tăia notația eronată și a se scrie alături corect.

Aici mai trebuie să menționăm și rolul nefast pe care îl joacă atmosfera terestră asupra observațiilor astronomice. Atmosfera împiedică în trei feluri observația astronomică. Prin absorbția luminii, ea nu permite observarea obiectelor mai slabe. De aceea observațiile în imediata vecinătate a orizontului sînt mult îngreunate sau chiar imposibile. În al doilea rînd, agitația continuă a straturilor de aer, turbulența atmosferei, duce la o agitație continuă a imaginii, ceea ce dăunează mult calității ei. Această turbulență a atmosferei, care crește de asemenea cu distanțe zenitală, micșorează mult puterea efectivă a instrumentelor astronomice. În al treilea rînd, atmosfera, avînd ea însăși un grad de luminozitate, nu permite efectuarea unor fotografii cu o durată prea mare. Tot acest efect împiedică observarea corpurilor mai slabe (nebuloase, comete, îngrămădiri stelare) atunci cînd Luna este pe cer.

Cu privire la specificul fiecărui fel de observație astronomică, vom reveni cînd vom descrie metodele respective, pe categoriile de obiecte cosmice studiate.

1.2. Măsurări de unghiuri

La observarea corpurilor cerești, nu putem aprecia direct distanța pînă la ele. De aceea se presupune, în prima aproximație, că ele se află situate la egală distanță, pe o sferă de rază arbitrară cu centrul în ochiul observatorului. Aceasta este *sfera cerească*. Pe ea observatorul poate face doar măsurători de distanțe unghiulare. Rezultatul acestor măsurători se exprimă în grade, minute și secunde de unghi, iar, în funcție de precizia măsurătorii, pot apărea și fracțiuni zecimale de secundă. Minutele și secundele de unghi se notează, spre deosebire de unitățile similare de timp, cu „prim" și „secund", deci scriem de exemplu: 16°55′47″,87 și se citește 16 grade, 55 minute, 47 secunde și 87 sutimi.

Măsurătorile unghiulare se fac cu aparate speciale, care conțin cercuri gradate, iar în unele cazuri numai sectoare de cerc (ex. sextantul) pe care culisează o alidadă cu vernier indicatoare, în care, de regulă, este atașată o lunetă cu reticul pentru vizare. Deoarece astronomii amatori nu se ocupă, în general, de astrometrie, nu vom furniza mai multe amănunte asupra acestui subiect.

1.3. Elementele sferei cerești

Deși subiectul acestui paragraf face parte tot din astrometrie (astronomie sferică), noțiunile introduse, fiind fundamentale pentru activitatea practică, le dăm pe scurt în cele ce urmează.

Dacă prin ochiul observatorului, presupus a fi în centrul sferei cerești, ducem o dreaptă paralelă cu direcția firului cu plumb în acel loc, obținem ceea ce se numește *verticala locului*. Această dreaptă înțeapă sfera cerească în două puncte diametral opuse: deasupra capului, în punctul Z numit *zenit* și dedesubt, în punctul Z′ numit *nadir*. Planul perpendicular pe verticala locului în centrul sferei cerești se numește *plan orizontal*. Acest plan taie sfera cerească după un cerc mare care se numește *orizontul locului*. Dreapta dusă prin centrul sferei cerești,

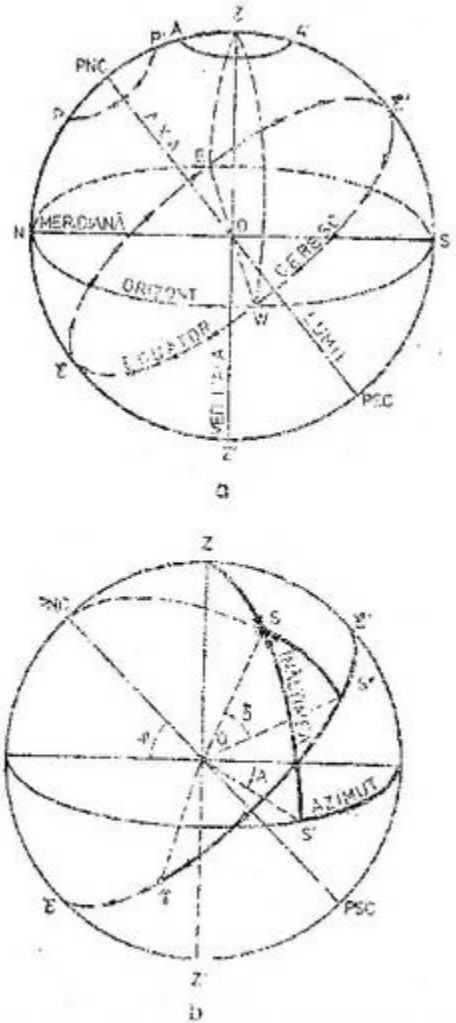

Fig. 1. Elementele sferei cerești (a) și sisteme de coordonate (b).

paralelă la axa de rotație a Pământului se numește *axa lumii*. Aceasta înțeapă sfera cerească în două puncte: *polul nord ceresc* (cel mai apropiat de zenit în emisfera nordică) și *polul sud ceresc*. Verticala locului și axa lumii, concurente în centrul sferei cerești, determină un plan numit *plan meridian*. Acest plan taie sfera cerească după un cerc mare numit *meridian ceresc al locului*. De asemenea, planul meridian taie planul orizontal după o dreaptă denumită *meridiană*. Această meridiană determină pe orizont punctele cardinale nord și sud. Un plan perpendicular atît pe planul orizontal, cît și pe planul meridian, se numește *planul primului vertical;* acesta taie sfera cerească după un cerc mare numit *primul vertical*. Orice plan paralel cu planul orizontal taie sfera cerească după un cerc mic denumit *almucantarat*. Planul perpendicular pe axa lumii în centrul sferei cerești se numește *planul ecuatorului ceresc*. Acesta taie sfera cerească după un cerc mare numit *ecuator ceresc*. Un plan paralel cu planul ecuatorului ceresc taie sfera cerească după un cerc mic numit *paralel diurn*. Toate aceste elemente principale ale sferei cerești se regăsesc cu ușurință în figura 1a.

1.4. Sisteme de coordonate

De multe ori se iveşte necesitatea de a fixa poziția unui astru pe sfera cerească. Distanța la astru fiind arbitrară (raza sferei cerești) mai sînt necesare două mărimi unghiulare. Aici sînt mai multe alternative.

Dacă se ia ca plan fundamental planul orizontal, obținem *sistemul orizontal* sau *azimutal de coordonate*. Unghiul format de raza vectoare a astrului (OS) și planul orizontal, sau arcul $\widehat{SS'}$ se numește *înălțimea* astrului și se notează cu h. Mărimea compli-

mentară, arcul $\widehat{ZS}$ se numește *distanța zenitală* și se notează cu z. Cealaltă coordonată în sistemul orizontal este unghiul format de planul meridianului și planul determinat de astru și verticala locului. Se numește *azimut* și se notează cu A. Azimutul se măsoară în astronomie de la sud spre vest, de la 0 la 360 grade. Înălțimea poate varia între ±90°.

Ambele coordonate ale sistemului orizontal sînt variabile în timp. Astfel, înălțimea astrului, care este nulă la răsărit și apus, atinge valoarea maximă în momentul *culminației superioare*, cînd astrul se află la meridian, în punctul cel mai apropiat de zenit.

În scopul întocmirii catalogelor și a hărților stelare s-a folosit un alt sistem de coordonate, în care planul fundamental este planul ecuatorului ceresc. Acesta este *sistemul ecuatorial de coordonate*. *Declinația* este unghiul format de raza vectoare a astrului și planul ecuatorial (sau arcul $\widehat{SS''}$), se notează cu δ (delta) și ia valori între ±90°. Arcul $\widehat{ES''}$ măsurat pe ecuatorul ceresc, de la meridian spre vest, se numește *unghi orar* al astrului și se notează cu *t*, putînd lua valori de la 0 la 360° sau de la 0 la 24^h. Se consideră pe ecuatorul ceresc un punct origine, notat cu γ (punctul vernal, de intersecție a ecuatorului ceresc cu ecliptica, prin care trece Soarele la echinocțiul de primăvară), de la care se măsoară în sens direct (contrar acelor de ceasornic) o altă coordonată, numită *ascensie dreaptă*, care se notează cu α și ia valori ca și unghiul orar.

Notînd cu *s* unghiul orar al punctului vernal la un moment dat, avem relația:

$$s = \alpha + t \qquad (1)$$

unde *s* este *timpul sideral* la momentul respectiv (vezi figura 1b).

În încheiere amintim teorema fundamentală a astrometriei, care afirmă că înălțimea polului este egală cu latitudinea locului de observație. Se observă că unghiurile sînt egale ca unghiuri cu laturile respectiv perpendiculare. În cadrul astronomiei sferice, parte integrantă a astronomiei, se demonstrează formule simple, care permit trecerea de la un sistem de coordonate la altul.

1.5. Monturi utilizate în astronomie

Pentru a putea viza un corp ceresc în orice poziție pe sfera cerească este necesar ca instrumentul să posede două grade de libertate. Aceasta se realizează cu un sistem de două axe perpendiculare între ele. Sistemul de coordonate azimutal a inspirat așa-numitele *monturi azimutale*. La acestea, axa principală este verticală. Rotindu-se în jurul ei, instrumentul poate parcurge întreaga gamă a azimuturilor posibile ale unui corp ceresc. Pe axa verticală este fixat lagărul în care se rotește axa orizontală, care permite vizarea obiectelor aflate la orice înălțime deasupra orizontului. Pe această axă orizontală se fixează, bine echilibrat, instrumentul de observație. Cele mai multe instrumente mici, de amatori, au o montură azimutală. Dezavantajul acestor monturi constă în faptul că, pentru a urmări mișcarea unui corp ceresc care descrie un paralel ceresc, este necesar să mișcăm simultan instrumentul în jurul ambelor axe, cu viteze potrivite, ceea ce este destul de dificil de realizat.

Cu totul altul este cazul cînd axa verticală a unei monturi azimutale se înclină astfel încît să fie paralelă cu axa lumii. Căpătăm atunci ceea ce se numește o *montură ecuatorială* sau *paralactică*. După ce am

prins astrul în cîmp, calăm instrumentul pe axa a doua, numită *axă de declinație*, iar mișcarea se va efectua numai în jurul axei paralele cu axa lumii, care se numește *axa polară*. Majoritatea instrumentelor profesionale au asemenea monturi paralactice. Numai marile radiotelescoape, iar recent, cel mai mare telescop reflector, au revenit la monturi azimutale, mișcarea lor fiind asigurată de motoare speciale, dirijate de calculatoare electronice.

1.6. Scara mărimilor stelare. Formula lui Pogson

De la prima privire asupra stelelor se constată marea diversitate a strălucirii lor. Acest fapt fiind cunoscut încă din antichitate a dus la apariția unei clasificări a stelelor după strălucirile lor. În această clasificare, care, cu mici modificări, s-a păstrat pînă în ziua de azi, stelele cele mai strălucitoare erau considerate de mărimea I, iar stelele cele mai slabe, care pot fi distinse cu ochiul liber într-o noapte fără Lună, în apropiere de zenit, de mărimea a VI-a. Se cunosc 20 de stele de prima mărime. Numărul total al stelelor vizibile cu ochiul liber este de circa 6 000.

Mărimea stelară a unei stele, sau magnitudinea sa, este deci un număr care indică senzația luminoasă produsă asupra ochiului omenesc de lumina stelei respective. Mai tîrziu, după mărirea preciziei măsurătorilor fotometrice asupra stelelor, s-a constatat că există și stele mai strălucitoare decît cele de mărimea I. Ele au căpătat cifre mai mici de unu, cum ar fi 0 sau chiar valori negative. Astfel, cea mai strălucitoare stea de pe cer, Sirius, din constelația Cînele Mare, are mărimea stelară — 1,46, Venus, la maximum de strălucire, —4,3, Luna plină atinge —12,7, iar Soarele —26,8.

Stelele cele mai slabe care se pot observa cu telescopul reflector de 5 m diametru au magnitudinea +21. Cu același instrument se pot fotografia, cu lungi timpi de expunere, stele pînă la mărimea stelară +23.

Legea psihofiziologică a lui Weber și Fechner afirmă că, pentru ca senzațiile să varieze în progresie aritmetică, este necesar ca excitațiile să varieze în progresie geometrică. Conform acestei legi, dacă la o excitație (strălucire) a stelei B corespunde o senzație (magnitudine) m, după scara mărimilor stelare, adoptată empiric din vechime, la o diferență de o magnitudine corespunde un raport al strălucirilor de 2,512. Acesta este numărul lui Pogson, fiind și rația progresiei geometrice a excitațiilor. Acest număr este astfel ales încît unei diferențe de 5 mărimi stelare să-i corespundă un raport al strălucirilor de 100 ori. Cu alte cuvinte, stelele de mărimea 1 sînt de 100 ori mai strălucitoare decît stelele de mărimea 6. Această legitate se exprimă prin formula lui Pogson:

$$m_i - m_k = 2{,}5 lg \frac{B_k}{B_i} \qquad (2)$$

Lăsăm pe seama cititorului să calculeze de cîte ori este mai strălucitor Soarele decît o stea de mărimea stelară +23!

1.7. Elemente de astrofotometrie

Astrofotometria înseamnă fotometria aplicată la studiul corpurilor cerești. Ea apare în secolul al XVIII-lea prin lucrările lui P. Bouguer și J. H. Lambert, constituind și începutul astrofizicii.

Scopul astrofotometriei este măsurarea cantității de lumină primită de la astri, global pentru stele, și

global și diferențiat pentru corpurile cerești care prezintă suprafețe aparente: planete, comete, nebuloase etc. În cazul stelelor se determină magnitudinea lor prin comparație cu a altora, care formează un standard fotometric. În jurul polului nord ceresc s-a măsurat cu mare precizie magnitudinea unui mare număr de stele care formează secvența polară nord (N.P.S. de la *North Polar Sequence*). Se mai folosesc ca standarde fotometrice diverse îngrămădiri stelare deschise, cum sînt Pleiadele sau Praesepe (în constelația Cancerul).

Cum sensibilitatea receptorului (ochi, placă foto, fotoelement) este diferită pentru diferite lungimi de undă (culori), au apărut diferite sisteme fotometrice. Astfel avem mărimi stelare fotografice, mărimi stelare vizuale și mărimi stelare fotovizuale. Combinînd noile sorturi de materiale fotosensibile, cu o sensibilitate ridicată din ultraviolet pînă în infraroșu, cu filtre de lumină corespunzătoare, s-au imaginat diverse sisteme fotometrice. Dintre acestea, cele mai cunoscute sînt sistemul internațional și sistemul UBV (de la *U*ltraviolet-*B*lue-*V*isual).

Diferența dintre magnitudinile unei stele în două domenii spectrale (culori) diferite se poate folosi la determinarea temperaturii stelei respective.

Această diferență, numită *indice de culoare* în sistemul internațional, este dată de relația:

$$CI = m_f - m_v \qquad (3)$$

fiind deci egală cu diferența dintre magnitudinea fotografică și magnitudinea vizuală a obiectului respectiv. Stelele albastre au un indice de culoare negativ, iar cele roșii un indice pozitiv mare (a se vedea cazul stelelor Rigel și Betelgeuse din Orion). Stelele albe (Vega, Sirius) au un indice de culoare apropiat de 0.

În sistemul UBV se folosește des ca indice de culoare diferența *B*—*V*. Dăm, pentru informare, relațiile care permit aflarea temperaturii stelelor cu ajutorul indicilor de culoare *CI* și *B*—*V*:

$$T = \frac{7\,200}{CI + 0{,}64} = \frac{7900}{B - V - 0{,}72} \qquad (4)$$

Revenind la tehnicile astrofotometriei, precizăm că, după felul receptorului, avem metode vizuale, fotografice și fotoelectrice. În cazul metodelor vizuale se pot utiliza fie aprecieri ochiometrice simple (v. 7.4.), fie fotometre vizuale, în care se compară luminozitatea stelei studiate cu a unei stele artificiale (v. 6.3.2. și 6.3.3.), ochiul fiind capabil să aprecieze cu destulă precizie egalitatea de strălucire a două surse punctiforme și, cu mai multă precizie, egalitatea a două arii uniform iluminate sau luminoase. În cazul metodei fotografice se compară pe negative dimensiunea și înnegrirea imaginilor stelelor. Metodele fotoelectrice, cele mai moderne și mai precise, sînt, cu rare excepții, inaccesibile amatorilor.

1.8. Elemente de meteorologie

Meteorologia este știința care se ocupă cu studiul fenomenelor care se produc în atmosferă. Conform acestei definiții, ea are foarte puține puncte comune cu astronomia (actinometria, echilibrul radiativ al atmosferei etc).

Totuși este bine ca astronomul amator să aibă noțiuni elementare de meteorologie, deoarece posibilitatea efectuării observațiilor astronomice este în funcție de starea atmosferei. Astronomul care efectuează sistematic observații astronomice și observă cerul capătă o oarecare experiență în determinarea

schimbărilor posibile ale vremii după forma norilor, culoarea atmosferei în apropierea orizontului, după scintilația stelelor, cît și după indicațiile barometrului. Dăm mai jos cîteva indicii care pot prevesti vremea rea sau bună (după P. G. Kulikovskij).

A. Semne care indică o vreme stabilă, senină și uscată, vara călduroasă, iar iarna geroasă.

1. Cerul spre dimineață este fără nori; pe la ora 10 apar îngrămădiri de nori, care spre amiază se înmulțesc și se ridică apreciabil în sus, iar spre seară din nou dispar.

2. Barometrul indică presiune ridicată, iar în cursul cîtorva zile presiunea crește încet și continuu.

3. Vara zilele călduroase, nopțile mai răcoroase, primăvara și toamna pe asemenea vreme sînt posibile înghețuri ușoare.

4. După o noapte liniștită, ziua, vîntul se întețește, iar spre seară se liniștește din nou: nu va ploua.

5. Noaptea cade o rouă bogată, în nopțile reci — brumă; dacă pe iarbă se găsește rouă, nu va ploua.

6. În timpul unei vremi uscate de lungă durată nu este în general rouă; dacă totuși apare roua, înseamnă un aflux de aer umed, deci este posibilă apariția ploii.

7. Zarea aurie sau trandafirie, luminoasă la răsăritul sau apusul Soarelui indică timp senin.

8. Stelele scintilează slab, avînd sclipiri verzui.

9. Discurile Soarelui și Lunii au la apus deformații puternice.

B. Indicii ale sosirii vremii instabile — vara rece, cu ploaie, iarna cu încălzire, uneori pînă la dezgheț și vîscol.

1. Barometrul coboară. Cu cît mai repede scade presiunea, cu atît mai repede sosește ploaia.

2. Dacă vîntul se întețește spre seară, sosirea timpului ploios trebuie așteptată nu mai mult de o zi.

3. Dacă vara după o zi senină vine o noapte foarte caldă în comparație cu celelalte și dimineața nu apare roua, pînă la noaptea următoare va ploua.

4. Dacă apar nori filiformi (cirus), care se mișcă vizibil pe cer de la sud, sud-vest, sau vest, rar de la nord-vest sau nord, vine ploaia.

5. Norii cirus trec în cirostratus iar apoi în altostratus. Adunarea norilor în grămezi indică apariția ploii.

6. Crepusculul roșu sau roșu-purpuriu.

7. Halouri în jurul Soarelui sau Lunii indică ploaie.

8. Stelele scintilează puternic.

C. Semnele apropierii furtunii.

1. Dacă dimineața apar grămezi de nori, care în a doua parte a zilei se măresc, căpătînd forma unor cupole înalte (cumulonimbus) este de așteptat furtuna, cu averse sau grindină.

2. Ziua este arșită și zăpușală.

3. Dacă într-o seară caldă și înăbușitoare pe cer se strîng nori compacți, trebuie așteptată o furtună noaptea.

4. Auditia zgomotelor slabe îndepărtate (inversie de temperatură) sau o scintilație neobișnuită a stelelor (mai ales spre dimineață) indică apropierea furtunii sau a precipitațiilor.

5. Scăderea rapidă a barometrului indică apropierea ploii.

LUNETA ASTRONOMICĂ ŞI TELESCOPUL

După ultimele cercetări, luneta a fost inventată de marele Leonardo da Vinci prin anii 1490. Tot atunci, el propune folosirea lunetei în scopuri astronomice. Invenţia sa a fost însă prematură şi ca se impune abia peste un secol, după ce a fost reinventată, simultan, în mai multe locuri din Olanda. Apoi apar lucrările lui Galilei, care consacră luneta cercetărilor astronomice.

2.1. Descriere generală

O lunetă este un instrument destinat observării corpurilor situate la mare distanţă. Sistemul optic al unei lunete se compune din două părţi: un *obiectiv*, care colectează razele luminoase ce vin de la obiectul studiat, dînd o imagine reală, mică şi răsturnată a acestuia, în apropiere de planul focal al obiectivului, şi un *ocular*, care are rolul de a mări această imagine. Rolul obiectivului îl poate juca fie un sistem de lentile convergent, caz în care instrumentul se numeşte lunetă sau refractor, sau încă telescop dioptric; fie o oglindă concavă, sferică sau paraboloidală, în care caz instrumentul se numeşte telescop propriu-zis, reflector, sau telescop catoptric. Ocularele pot fi sisteme divergente (luneta lui Galilei) sau convergente (luneta terestră şi luneta astronomică a lui Kepler). În luneta terestră, de care nu ne vom ocupa în cele ce urmează, pentru obţinerea unei imagini drepte, nerăsturnate, imaginea răsturnată de obiectiv este din nou răsturnată de un dispozitiv

Fig. 2. Schema lunetei.

format din lentile sau prisme, numit vehicul, situat între obiectiv şi ocular. Luneta astronomică este formată numai din obiectiv şi ocular (negativ) şi dă o imagine răsturnată, ceea ce nu reprezintă un inconvenient în observaţiile astronomice. În figura 2 se prezintă mersul razelor prin luneta astronomică.

2.2. Caracteristicile obiectivului

Obiectivul este partea cea mai importantă a unei lunete. El poate fi constituit dintr-o singură lentilă convergentă, cum se întîlneşte destul de des la astronomii amatori începători. Dar imaginea dată de un asemenea obiectiv are multe defecte, numite aberaţii, dintre care cele mai supărătoare sînt aberaţia de sfericitate şi aberaţia cromatică (fig. 3). Datorită aberaţiei de sfericitate, razele marginale se adună într-un focar mai apropiat decît razele centrale. Imaginea obţinută într-un anumit punct între cele două focare extreme este puţin ceţoasă, datorită celorlalte raze nefocalizate. Aberaţia de sfericitate se poate micşora prin diafragmarea obiectivului, dar atunci scade şi cantitatea de lumină colectată de instrument. Aberaţia cromatică apare datorită faptului că razele cu lungime de undă mai mare sînt mai puţin refrac-

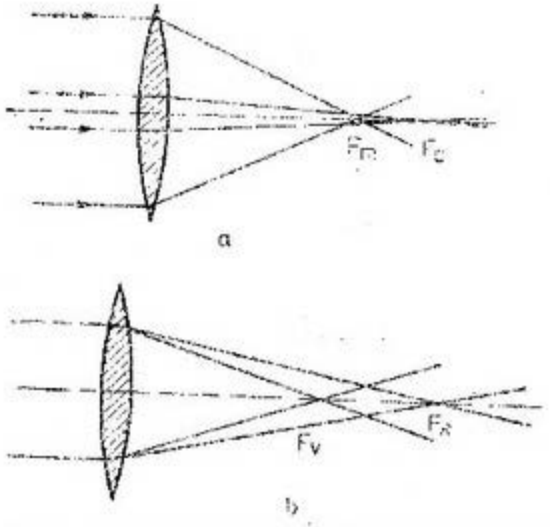

Fig. 3. Aberația de sfericitate (a) și aberația cromatică (b).

tate. Astfel o lentilă convergentă simplă va avea focarul razelor violete mai apropiat decît focarul razelor roșii. Ca urmare, imaginea apare colorată pe margini. Pentru corectarea aberației cromatice sînt necesare obiective compuse din cel puțin 2 lentile, alcătuite din sticle diferite. De aceea, în general, un obiectiv compus și mare, de refractor, este inaccesibil amatorului. Să enumerăm în continuare principalele caracteristici ale obiectivelor.

2.2.1. DIAMETRUL, *D*. Cu cît diametrul unui obiectiv este mai mare, cu atît instrumentul va fi mai puternic (dar și mai scump). De obicei diametrul obiectivului se exprimă în cm sau în mm. Obiectivele accesibile amatorilor au diametre cuprinse între 30 și 100 mm. Cel mai mare refractor din lume este cel de la Observatorul Yerkes, lîngă Chicago (S.U.A.) și are un diametru de 102 cm.

2.2.2. DISTANȚA FOCALĂ, *F*. Distanța focală a obiectivului este distanța dintre centrul optic al obiectivului și imaginea unui obiect situat la infinit — în general cazul obiectelor astronomice. Se exprimă, de asemenea, în cm sau, uneori, la instrumentele mari, în m. De distanța focală depinde scara imaginii din planul focal al obiectivului. Dacă *d* este dimensiunea imaginii obiectului în focar, *F* distanta focală, iar α dimensiunea unghiulară a obiectului, *d* este dat de:

$$d = \alpha F \sin 1' = 0{,}000291\ \alpha F \qquad (5)$$

2.2.3. DESCHIDEREA RELATIVĂ, *D/F*. Deschiderea relativă se definește prin raportul dintre diametrul obiectivului și distanța sa focală, fiind deci un număr. El mai caracterizează, într-o oarecare măsură, luminozitatea instrumentului. Cu cît un obiectiv va avea un raport *D/F* mai mare, va da în focar imagini mai luminoase, fiind recomandabil pentru observarea corpurilor cerești cu luminozitate superficială mică, cum este cazul nebuloaselor și cometelor. În cazul fotografiei astronomice, un obiectiv cu *D/F* mai mare va permite timpi de expunere mai mici.

2.2.4. PUTEREA DE PĂTRUNDERE. Puterea de pătrundere se definește ca fiind *mărimea stelară minimă care mai poate fi observată cu obiectivul dat, în apropiere de zenit, într-o noapte fără Lună*. Dacă diametrul este exprimat în milimetri, se citează relația următoare:

$$m = 2{,}1 + 5 \lg D \qquad (6)$$

Asupra puterii de pătrundere un rol destul de important îl are și puterea de mărire sau grosismentul

G folosit, deoarece cu cît G este mai mare, luminozitatea cerului scade, fiind posibilă observarea stelelor mai slabe. În acest caz se citează formula lui Bowen:

$$m = 5{,}5 + 2{,}5 \lg D + 2{,}5 \lg G \qquad (7)$$

unde D este exprimat în cm.

2.2.5. PUTEREA DE SEPARARE. Teoria difracției arată că *caza* imaginii unei surse punctiforme, dată de un obiectiv circular, are o valoare exprimată de relația:

$$\alpha = 1{,}22\ \lambda/D = 14''/D \qquad (8)$$

unde λ și D sînt, respectiv, lungimea de undă a luminii și diametrul obiectivului. Trecînd de la radiani la secunde de unghi și considerînd $\lambda = 5\,550$ Å $= 5\,550\ 10^{-8}$ cm, găsim relația, verificată și experimental de Dawes:

$$r'' = 120''/D_{cm} \qquad (9)$$

Puterea separatoare a obiectivului este inversul unghiului minim sub care imaginile a două stele, egale în magnitudine, se văd distinct, fără a se confunda. Am precizat egalitatea în magnitudine, deoarece, dacă este diferență mare de strălucire între componente, chiar dacă este satisfăcută relația (9), componentele nu se separă, deoarece componenta mai slabă se pierde în aureola și inelele de difracție ale componentei mai luminoase. Din relațiile 6, 7, 8 și 9 se vede mai bine de ce se caută a avea instrumente cu un obiectiv avînd un D cît mai mare: crește atît puterea de pătrundere, *cît* și finețea imaginii, care permite obținerea unor grosismente mai mari. Dar, un obiectiv de refractor nu poate fi făcut oricît de mare, prin imposibilitatea obținerii unor blocuri masive și omogene de sticlă optică. De aceea, cel mai mare refractor, de care am amintit, are doar 1 m diametru, de la începutul secolului nostru, în timp ce reflectoarele au atins deja 6 m și poate vor mai crește...

2.3. Ocularul

Oricît de important ar fi obiectivul pentru un instrument astronomic, o observație vizuală eficientă *fără* o altă piesă optică auxiliară, numită ocular, nu este posibilă. Am precizat „eficientă", deoarece putem observa un corp ceresc și numai cu obiectivul, dacă vom privi imaginea dată de acesta cam de la 25—30 cm distanță. În acest caz însă, pe lîngă faptul că nu este folosit tot diametrul obiectivului (v. 2.4.1.), puterea de mărire este foarte redusă. Vom vedea tot în paragraful următor, de ce dacă, de exemplu, avem un obiectiv astronomic bun, cu o distanță focală de 2 m, făcînd observația fără ocular, vom obține o mărire a imaginii doar de 8 ori, ca la un binoclu de cîmp mic de 15 cm, pe cînd cu un bun ocular se poate obține o mărire de 200 ori și chiar mai mult. Deci rolul ocularului este acela de a permite ochiului să vadă o imagine mărită a imaginii obiectului dată de obiectiv. Din punct de vedere al plasării ocularului în raport cu imaginea dată de obiectiv se disting două categorii de oculare: ocularul plasat dincolo de imagine, deci la o distanță de obiectiv mai mare decît distanța focală a acestuia, este un ocular *pozitiv* (cel mai simplu ocular pozitiv este lentila convergentă, ca o lupă, propusă pentru prima oară de Da Vinci și apoi de Kepler). Dacă ocularul avansează, măcar parțial, între focarul obiectivului și obiectiv, se numește ocular *ne-*

gativ (cel mai simplu ocular negativ este o lentilă divergentă, care a şi fost folosită în această calitate la primele lunete, reinventate în Olanda). Deoarece acest tip de lunetă a fost mult folosit de Galilei la observarea cerului, făcînd şi descoperiri importante, se numeşte „de tip Galilei", întîlnit azi mai ales sub forma îngemănată a binoclului de teatru.

Aşa cum o lentilă simplă nu dădea bune rezultate funcţionînd ca obiectiv, la fel şi ocularele simple, folosite în primii 50 de ani de la inventarea lunetei, nu dau rezultate mulţumitoare. De obicei în astronomie se folosesc oculare compuse din două piese nealipite. Marele astronom francez Danjon, care a scris, împreună cu compatriotul său Couder, o remarcabilă monografie despre lunete şi telescoape, arată că „ocularele cu mai mult de două piese nealipite sînt interzise în astronomie, pentru pierderile mari de lumină şi apariţia imaginilor multiple prin reflexia pe suprafeţele interioare ale lentilelor".

Pentru ca un ocular să aibă o aberaţie cromatică cît mai mică, trebuie să îndeplinească aşa-numita *condiţie de acromatism aparent:*

$$f_1 + f_2 = 2d \qquad (10)$$

aici f_1 şi f_2 sînt distanţele focale ale celor două componente ale sistemului, iar d este distanţa dintre ele. Teoria sistemelor optice centrate din optica geometrică arată că distanţa focală echivalentă a unui sistem format din două lentile (sau sisteme), cu distanţele focale f_1 şi f_2, situate la distanţa d, este dată de relaţia:

$$f = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - d} \qquad (11)$$

Revenind la ocularele formate din două lentile, precizăm că lentila îndreptată înainte, spre obiectiv, se

numeşte *lentila de front*, sau *de cîmp*, iar lentila posterioară, *lentila ocular*ă, deoarece este în imediata vecinătate a ochiului. Ocularele formate din două lentile au cîte un simbol format din trei cifre, care sînt proporţionale cu mărimile f_1, d şi f_2. Cele mai răspîndite oculare pozitive sînt ocularele Ramsden, iar cele mai răspîndite oculare negative, ocularele de tipul Huygens.

2.3.1. OCULARUL RAMSDEN. Ocularul Ramsden este format din două lentile convergente, de obicei planconvexe, cu feţele plane spre exterior. Lentila de front este mai mare, iar cea ocular*ă*, mai mică. Mai des întîlnite sînt ocularele Ramsden care au simbolul 1:1:1, adică distanţele focale ale celor două lentile sînt egale între ele şi egale cu distanţa care le separă. După cum se vede este satisfăcută şi relaţia de acromatism aparent, iar distanţa focală a sistemului este egală cu fiecare din distanţele focale componente. La acest tip de ocular, imaginea dată de obiectiv se formează imediat în faţa suprafeţei plane a lentilei de front. De aceea, toate firele de praf şi zgîrieturile de pe această suprafaţă se vor vedea clar peste imaginea dată de obiectiv, ceea ce constituie un dezavantaj al acestui tip de ocular. De aceea se mai foloseşte şi alt tip de ocular, la care, prin aplicarea altor simboluri, se deplasează puţin înainte planul în care trebuie să se formeze imaginea. Dar la aceste oculare nu mai este satisfăcută condiţia de acromatism aparent. Un avantaj al acestor oculare pozitive Ramsden este că permit ataşarea de reticule sau micrometre, necesare atunci cînd dorim să facem măsurători de unghiuri. Ocularele Ramsden au un cîmp vizual de circa 30°. Un alt avantaj al acestor oculare este cîmpul focal plan.

2.3.2. OCULARUL HUYGENS. Ocularele de tip Huygens sînt negative. Imaginea dată de obiectiv

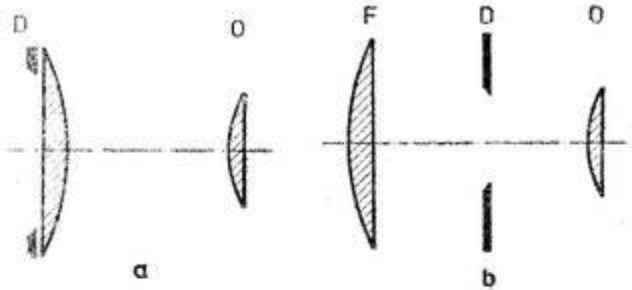

Fig. 4. Ocularul Ramsden (a) și ocularul Huygens (b).

se formează după lentila de front a ocularului, între cele două lentile ale acestuia, unde de obicei se plasează o mică diafragmă. Și la ocularele Huygens, ambele lentile sînt plan-convexe, dar situate ambele cu convexitatea spre obiectiv. Simbolurile folosite la realizarea ocularelor Huygens sînt 3:2:1 sau 4:3:2. Ambele aceste oculare satisfac condiția de acromatism aparent. Cîmpul ocularelor Huygens este de 40°, dar este curbat, ceea ce scade claritatea imaginii spre margine. Mai menționăm că ocularele de tip Huygens, foarte des întîlnite la microscoape, din care cauză sînt mai ușor de procurat, nu dau un bun randament decît atunci cînd raportul *D/F* al obiectivului este deosebit de mic, de cel mult 1/15. După cum vom vedea, obiectivele reflectoarelor sînt mult mai luminoase, cu un raport *D/F* de 1/6 sau chiar mai mare. La aceste instrumente se recomandă a se folosi în chip de ocular obiective compuse, de microscop, care sînt calculate pentru fascicule relativ largi.

2.3.3. OCULARUL KELLNER. O perfecționare a ocularelor pozitive Ramsden, în scopul de a micșora

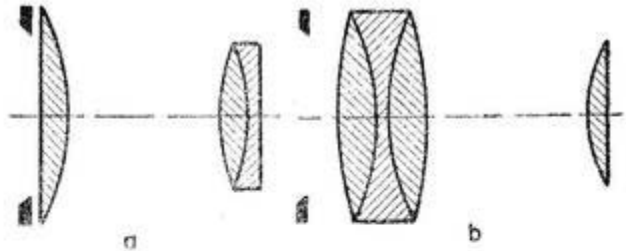

Fig. 5. Ocularul Kellner (a) și ocularul ortoscopic (b).

nu numai cromatismul de mărire, dar și cromatismul de poziție, este realizată prin apariția ocularului lui Kellner. El se deosebește de ocularul Ramsden prin faptul că lentila ocular ă este un mic acromat, deci un sistem format din două lentile (convergentă și divergentă) din sticle optice diferite, lipite între ele. Un simbol al acestui ocular, pentru care distanța focală echivalentă este egală cu unitatea este 7/4:3/4:4/3. Cîmpul ocularului Kellner atinge 50°, iar imaginea este bună pînă la marginea lui. Un dezavantaj este, ca și la ocularul Ramsden, marea apropiere dintre planul focal și lentila de front, cît și apropierea excesivă (de unde marele cîmp) dintre pupila de ieșire (v. 2.4.) și lentila ocular ă.

2.3.4. OCULARUL ORTOSCOPIC. Ocularul ortoscopic păstrînd avantajele ocularului lui Kellner este eliberat de deficiențele acestuia. Se reușește astfel îndepărtarea de ocular atît a planului focal, cît și a pupilei de ieșire, doar cu o ușoară scădere a cîmpului, care atinge 40°, fiind plan și fără distorsiuni pînă la margine. Acest ocular provine dintr-un ocular imaginat de Moritz Mittenzwei și perfecționat de Abbe și alții.

2.4. Grosismentul, sau puterea de mărire

Să considerăm din nou mersul razelor de lumină printr-o lunetă. În calea fasciculului de raze care intră prin obiectiv și iese prin ocular se află întotdeauna o deschidere circulară, care îl limitează. Aceasta este diafragma efectivă, sau diafragma de apertură. Imaginea acesteia dată de obiectiv se numește pupilă de intrare, iar imaginea dată de ocular, pupilă de ieșire. De obicei, într-o lunetă, diafragma efectivă face parte din construcția ocularului — la ocularele negative fiind plasată între cele două lentile.

Considerăm α unghiul sub care se vede imaginea obiectului din centrul obiectivului, iar β unghiul sub care se vede din centrul ocularului. Prin definiție raportul β/α se numește grosisment, sau putere de mărire. Observînd că, pentru unghiuri mici, $\beta/\alpha = tg\beta/tg\alpha$ și că $tg\beta/tg\alpha = F/f$, putem scrie în final:

$$G = \beta/\alpha = F/f \qquad (12)$$

Din relația de mai sus se observă că, dacă vrem ca un instrument astronomic să mărească cît mai mult, este necesar să avem un F cît mai mare și un f cît mai mic. În cazul obiectivelor, distanța focală F o putem măsura cu destulă exactitate, măsurînd distanța de la obiectiv pînă la imaginea Soarelui dată de acesta. La ocularele compuse, pe care în general este bine să nu le demontăm, distanța focală echivalentă se află mai greu. Dar, dacă pe ocular scrie de cîte ori mărește, de ex. de 15×, putem afla distanța focală a acestuia din relația

$$f = 25[\text{cm}]/N\times \qquad (13)$$

Ocularul din exemplul de mai sus, care mărește de 15× (ocular Huygens foarte des întîlnit la microscoape) are o distanță focală de 1,67 cm. Acest ocular combinat cu obiectivul citat mai sus, cu distanța focală de 2 m, dă un grosisment de circa 120×, deci de 15× mai mare decît acela obținut la observarea fără ocular. Cîmpul vizual dat de întreg instrumentul este egal cu cîmpul ocularului împărțit la grosisment. În exemplul de mai sus, în care aveam un ocular de tip Huygens, cu un cîmp de 40°, cîmpul rezultat ar fi avut valoarea de $0°,33 = 20'$. Cu un asemenea instrument, la un asemenea grosisment, nu s-ar fi putut observa decît 2/3 din diametrul Lunii.

2.4.1. GROSISMENTUL ECHIPUPILAR. Din figura ce reprezintă mersul razelor de lumină prin luneta astronomică, observăm că grosismentul poate fi dat și de raportul:

$$G = D/d \qquad (14)$$

în care d este diametrul pupilei de ieșire, iar D diametrul obiectivului. Dacă notăm cu δ diametrul pupilei ochiului, pentru un obiectiv D dat, se definește *grosismentul* echipupilar prin relația:

$$g = D/\delta \qquad (15)$$

În cazul în care grosismentul G este mai mic decît grosismentul g, se produce o pierdere mare de lumină, prin aceea că diametrul imaginii pupilei de ieșire, egal acum cu δ, dat de întreg sistemul și care este diametrul pupilei de intrare, este mai mic decît diametrul D al obiectivului. Deci grosismentul echipupilar, admițînd că pe timp de noapte pupila ochiului are un diametru de 6 mm, are valoarea:

$$g = D/6 \ (D \text{ este exprimat în mm}) \qquad (16($$

Pentru a obține grosismentul echipupilar din relațiile de mai sus este necesar ca ocularul să aibă distanța focală egală cu (în mm):

$$f = F/g = 6\,F/D \qquad (17)$$

Revenind la exemplul de mai sus, în ipoteza că obiectivul ar fi avut un diametru de 20 cm, obținem $g = 33{,}3\times$ și $f = 60$ mm: un ocular mult mai slab decît acela citat mai sus.

2.4.2. GROSISMENTUL REZOLVANT. Dar, grosismentul echipupilar, dacă dă la o mărire mai mică o imagine luminoasă și un cîmp vizual mare (la ocularul Huygens de 60 mm ar fi un cîmp de 1°,2), nu permite exploatarea întregii puteri de rezoluție a obiectivului. Se știe că un ochi normal poate observa distinct două surse luminoase punctiforme dacă distanța unghiulară dintre ele nu este mai mică de 1′. Se afirmă că puterea separatoare a ochiului este de 1′. Dar instrumentul depărtează aceste imagini de $G\times$. Am văzut în paragraful anterior că unghiul minim separat de un obiectiv cu diametrul D este r'', dat de relația (9). Deci problema se pune astfel: care este grosismentul minim pentru care r'' devine egal cu 1′? Un calcul elementar ne dă:

$$G\,12''/D = 1' = 60''\,;\; G = D\,60''/12'' = 5D_{cm} = R_{mm}$$

Deci

$$G_r = R_{mm} \qquad (18)$$

Ultima formulă ne spune că *grosismentul rezolvant*, notat cu G_r, este egal cu raza obiectivului exprimat în mm. Dacă folosim un G mai mare decît G_r nu vom vedea mai multe amănunte, dar ochiului îi va fi mai ușor să le distingă. De aceea, cînd se fac observații micrometrice de stele duble, sau cînd se observă suprafețele planetare, se folosește un grosisment de 3—4 ori mai mare decît grosismentul rezolvant. În cazul exemplului nostru, grosismentul rezolvant este de 100 ori, așa că grosismentul de 120 ori obținut cu ocularul de 1,67 cm este foarte rezonabil. Care va fi grosismentul rezolvant al reflectorului „Hale" de 5 m diametru al Observatorului Mount Palomar? Relația (18) dă imediat răspunsul: 2 500×. Oare un asemenea grosisment poate fi folosit oriunde și oricînd?

2.4.3. GROSISMENTUL EFECTIV. Cînd am vorbit despre puterea separatoare a obiectivelor am spus că, în măsura în care diametrul obiectivului este mai mare, imaginile stelelor au un diametru mai mic — conform relației (9), deci întreaga imagine este mai fină, putînd fi mărită mai mult fără a deveni ștearsă, fără a-și pierde contrastul. Așa se explică și creșterea grosismentului rezolvant cu diametrul obiectivului. Dar asupra imaginii reale date de obiectiv un rol mai însemnat îl are și atmosfera și anume turbulența atmosferei. Aceasta nu depinde de obiectiv, ci de starea locală și momentană a atmosferei. De asemenea, efectul turbulenței atmosferice crește cu distanța zenitală. Dacă admitem pentru unghiul de turbulență τ o valoare de 0″,25, și folosim formula dată de Martînov pentru eficacitatea instrumentului:

$$q = \frac{\alpha}{\alpha + \tau} \qquad (19)$$

unde α este cel dat de relația (8), în cazul reflectorului nostru de 20 cm, avînd $\alpha = 14''/D = 0'',7$, obținem $q = 0{,}74$. Martînov definește *grosismentul efectiv* G_e prin relația:

$$G_e = q\,G_r \qquad (20)$$

În exemplul nostru, $G_r = 74\times$. Deci în cazul unei turbulențe atmosferice de 0″,25, care este un caz fericit, de cele mai multe ori unghiul de turbulență atingînd valoarea de 2″ și chiar mai mult, reflectorul nostru de amator pierde în grosisment de la G_r la G_e, prin urmare de la 100× la 75×, ceea ce nu este o pierdere prea însemnată. Însă în cazul reflectorului de pe Mount Palomar, pentru care $\alpha = 0″,028$, turbulența este mult prea mare, ceea ce duce la un coeficient q de 0,1 și, în cele ce urmează, la un grosisment efectiv $G_e = 250\times$! Deci, turbulența atmosferică face ca marele reflector de 5 m să lucreze cu un grosisment efectiv de 10 ori mai mic decît grosismentul rezolvant. Iată de ce se speră atît de mult de la telescoapele ce vor fi instalate în afara atmosferei terestre.

2.5. Luneta astronomului amator

De obicei, astronomul amator începător, în vîrstă de 12—14 ani, este elev în clasele VI—VII. De aceea, în cele ce urmează, vom avea în vedere faptul că ne adresăm unui asemenea elev, care are acumulate anumite cunoștințe în școală, o anumită putere de înțelegere și chiar o anumită răbdare. Amatorii mai avansați, sau mai maturi, capabili de muncă mai multă și avînd o răbdare mai dezvoltată pot sări peste acest paragraf, trecînd direct la realizarea telescopului reflector. Pe elevul de mai sus îl sfătuim însă să nu încerce acest salt decît după ce va fi acumulat ceva experiență practică prin construcțiile descrise în cele ce urmează. Cele mai multe din datele teoretice necesare construcțiilor noastre s-au dat în capitolul precedent. Recomandăm totuși amatorului să mai consulte orice manual de optică geometrică care îi este accesibil, pentru aprofundarea fenomenelor de bază.

La luneta simplă de amator, obiectivul este constituit dintr-o lentilă de ochelari. La magazinele de optică, unde se pot procura asemenea lentile, calitatea lentilelor (distanța lor focală, care ne interesează) nu este folosită fiind înlocuită de o altă mărime, dioptria. Puterea unei lentile este caracterizată de *convergența* ei, care este inversul distanței focale a lentilei. Dacă distanța focală este exprimată în metri, convergența se capătă în dioptrii.

$$C = 1/F \qquad (21)$$

Deci, pentru a căpăta o lentilă cu distanța focală de 1 m, cerem o lentilă de +1 dioptrie. Dacă cerem o lentilă de +0,75 dioptrii, căpătăm una cu distanța focală de 1,33 m. Sînt cele mai utilizate valori pe care le folosesc amatorii începători. Ca ocular se poate folosi o lupă pentru cercetat stofele, sau o lupă pentru filateliști. Cel mai bine este să facem din două asemenea lentile un ocular Ramsden. Dar și mai bine ar fi să ne procurăm un ocular de proveniență industrială, de microscop. Ar fi bine dacă I.O.R. ar produce asemenea sisteme optice cu piese de schimb. Tubul lunetei se realizează cel mai simplu din hîrtie făcută sul și încleiată bine cu clei de lemn. Lungimea tubului principal, care poartă obiectivul, se ia cu 10 cm mai mică decît distanța focală a acestuia. Deci 90 sau 123 cm. În acest tub alunecă fără joc tubul port ocular, de 20 cm lungime. După potrivirea distanței dintre ocular și obiectiv, astfel încît să se vadă cu claritate maximă obiectele îndepărtate, vom constata că este greu să se observe ceva cu o lunetă care mărește în jur de 50×; luneta fiind ținută în mînă, imaginea este foarte puțin stabilă în cîmpul mic al lunetei. De aceea este necesară

o montură, cît de simplă. Descriem în cele ce urmează prima montură realizată de noi, după indicațiile din cartea *„După lecții"* de G. Mamaev, apărută acum aproape 30 de ani. Se bate un par solid în pămînt, într-un loc cu vizibilitate corespunzătoare, departe de pomi sau clădiri, astfel încît, avînd poziție verticală, capătul superior să aibă o înălțime de 1,2—1,5 m. De aceeași parte a parului, pe aceeași verticală, se bat în par două scoabe în formă de U, cu distanța dintre ele de circa 50 cm. Între aceste două scoabe se va roti axul vertical al „monturii". Un bun ax vertical poate fi o coadă de mătură de lemn, de ex. La capătul superior se dă o gaură perpendiculară, prin care va trece un șurub ce va constitui axul orizontal. Acesta, prin intermediul a trei plăcuțe asamblate în Π va suporta luneta (vezi figura 6). O piuliță, de preferat de tipul fluture, va strînge cele două plăcuțe paralele pe axul vertical astfel ca mișcarea în înălțime a lunetei să se execute destul de ușor, dar totuși luneta să poată să stea singură în echilibru în orice poziție. Tubul mare al lunetei se leagă de a treia plăcuță rigid, cu ajutorul unor sîrme. Axul vertical se sprijină pe un cep bătut în parul vertical, la circa 10 cm sub scoaba de jos. Lungimea cozii de mătură, sau înălțimea cepului se reglează astfel încît axul orizontal să depășească cu circa 20 cm parul vertical. Nu intrăm în alte amănunte asupra lunetelor de amator cu lentile de ochelari, deoarece acestea sînt amplu și variat descrise în broșurile care au apărut la noi. Am avea de făcut numai unele precizări. Se afirmă în mod constant că luneta cu obiectiv de 1,33 m distanță focală permite măriri pînă la 83×. Cu un ocular care mărește de 15× lucrul ar părea adevărat, dacă ne-am referi numai la formula grosismentului. Dar obiectivul unei asemenea lunete este o lentilă sim-

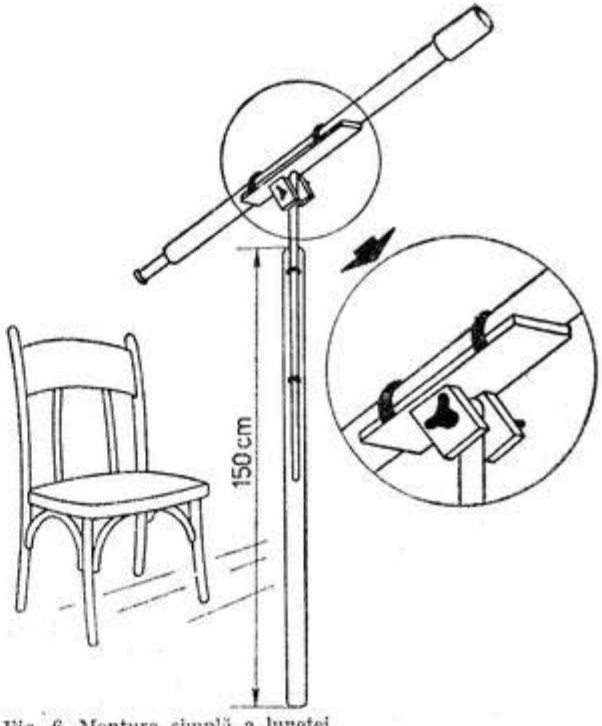

Fig. 6. Montura simplă a lunetei.

plă, de tip menisc convergent, care are foarte mari aberații. Pentru reducerea acestora, autorii propun diafragmarea obiectivului, pînă la deschideri libere de numai 40—25 mm. După cum am văzut însă, grosismentul rezolvant este egal cu $\frac{1}{2}$ din diametrul obiectivului exprimat în mm. În cazul citat, se

obține un grosisment maxim de 20×. Mai afirmam că, pentru ușurarea observațiilor, se pot utiliza grosismente de 3—4 ori mai mari, dar aceasta în cazul obiectivelor de calitate, or meniscul de care dispunem este foarte departe de o asemenea calitate. Mărind grosismentul în mod nejustificat, vom obține o imagine mare, dar ștearsă.

Capitolul 3

REFLECTORUL ȘI AVANTAJELE SALE

3.1. Scurt istoric

Telescopul reflector, telescopul propriu-zis, sau ~~telescopul catoptric,~~ în care obiectivul este alcătuit dintr-o oglindă concavă, a fost inventat ceva mai tîrziu decît luneta, prin prima parte a secolului al XVI-lea, independent, de către abatele Marin Mersenne și astronomul italian Nicolo Zucchi. Primul telescop este realizat practic de marele Isaac Newton prin anul 1670. În luptă cu refractorul, reflectorul cîștigă prima mare bătălie prin telescopul opticianului Hadley, care, în anul 1722, avea o oglindă parabolică cu un diametru de 15 cm și care depășea în putere optică celebrul „luftfernrohr" (lunetă aeriană) a lui Hevelius, de circa 50 m lungime. Apariția lunetelor cu obiectiv acromatic a însemnat un reviriment al refractorului care totuși, după Herschel, Rosse și alții, pierde definitiv competiția, cel puțin în ceea ce privește cantitatea de lumină colectată, deosebit de însemnată pentru cercetările de

astrospectroscopie. Ultima redută unde și-au menținut refractoarele supremația, astrometria, s-a prăbușit după intrarea în uz a primului reflector astronomic, cu oglinda de 1,5 m diametru, din cuarț topit, foarte puțin sensibilă la variațiile de temperatură. Noile materiale pentru oglinzi, cum ar fi piroceramul, cervitul sau sitalul, care au coeficienți de dilatare neglijabili, nu mai dau refractorului nici-o sansă în această competiție.

3.2. Sisteme de telescoape

Vom aborda acest subiect în funcție de complexitatea sistemului de telescop folosit și nu în ordine cronologică.

Cel mai simplu sistem de telescop cunoscut este cel propus de iezuitul italian Zucchi și constă dintr-o oglindă concavă situată, puțin înclinat, în partea inferioară a unui tub, astfel încît razele se focalizează în afara tubului, în partea lui superioară, unde sînt interceptate de ocular, în acest caz, o lentilă divergentă. Acest sistem a fost perfecționat de Herschel, prin introducerea ocularului pozitiv și realizarea celor mai mari oglinzi din vremea sa. Astăzi, acest sistem, aproape abandonat, se mai întîlnește, rar, la unii amatori.

Sistemul direct a devenit posibil odată cu apariția telescoapelor gigant. Oglinda principală paraboloidală nemaifiind înclinată, razele se focalizează pe axul optic al obiectivului, observatorul aflîndu-se situat într-o cabină cilindrică care se găsește în interiorul tubului principal al instrumentului. Un sistem mai „complicat" este cel propus de Newton în anul 1668, și are în plus, față de sistemul direct, o mică oglindă plană, situată pe axul optic al obiec-

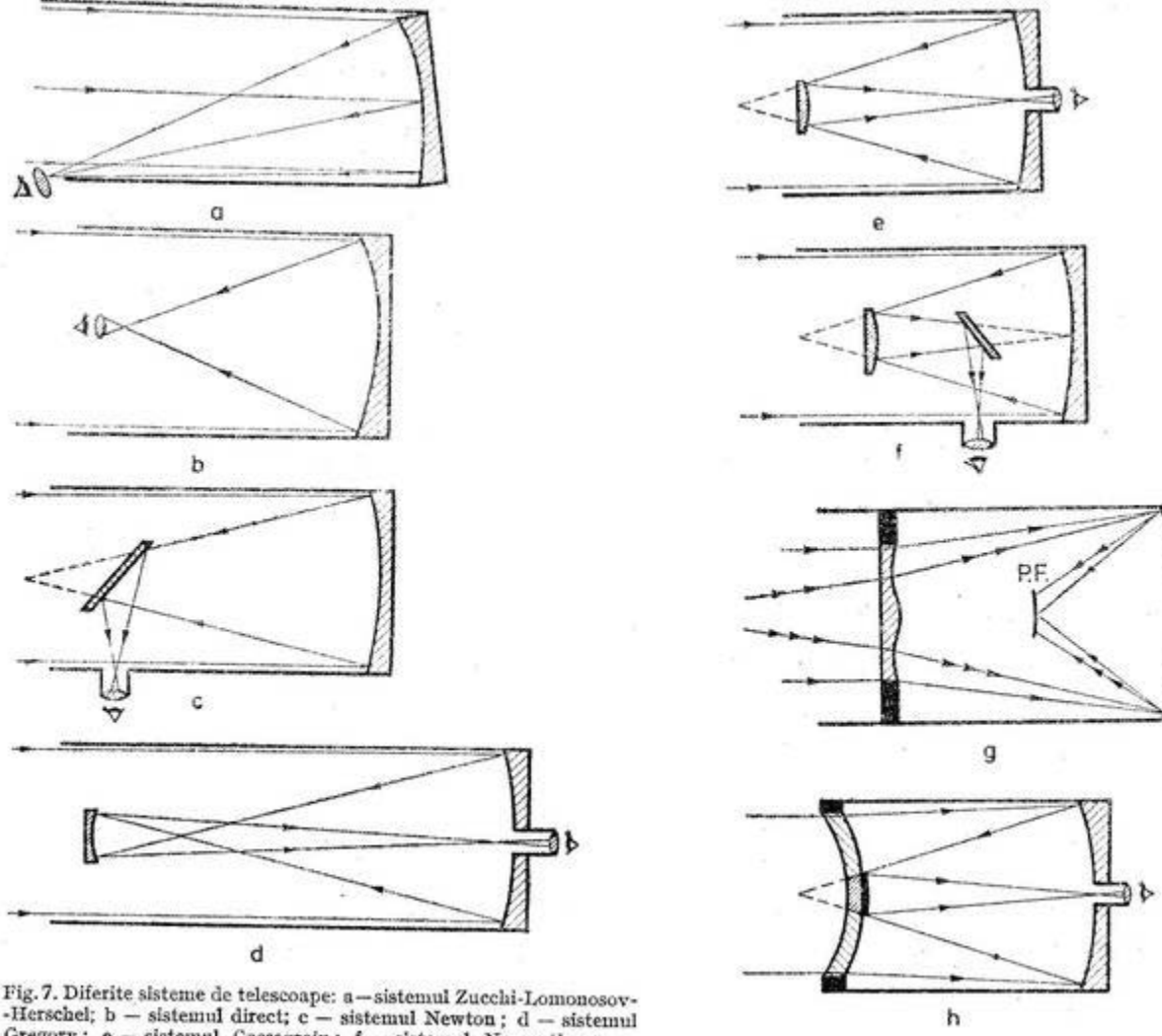

Fig. 7. Diferite sisteme de telescoape: a — sistemul Zucchi-Lomonosov-Herschel; b — sistemul direct; c — sistemul Newton; d — sistemul Gregory; e — sistemul Cassegrain; f — sistemul Nasmyth; g — sistemul Schmidt; h — sistemul Maksutov.

tivului, înclinată la 45°, astfel încît trimite fasciculul de raze lateral în ocular. Este sistemul cel mai des întîlnit la astronomii amatori. În anul 1668, Gregory propune un sistem mai complicat. Oglinda principală este, ca și în cazul sistemelor amintite mai sus, paraboloidală. Oglinda secundară, situată dincolo de focarul oglinzii principale, este de formă elipsoidală. Ea trimite fasciculul de raze înapoi spre obiectiv, prin a cărui perforație centrală trece spre a ajunge la ocular. Deși acest sistem permite obținerea unor imagini foarte bune, lungimea sa, relativ mare, îl face puțin răspîndit. Sistemul imaginat de francezul Cassegrain folosește o oglindă secundară de formă hiperboloidală, situată între oglinda obiectiv și focarul acesteia. Ca și în cazul sistemului imaginat de Gregory, se obține o distanță focală echivalentă, mult mai mare decît distanța focală a oglinzii principale, dar la o lungime totală a instrumentului mai mică. Cele mai multe din telescoapele moderne, folosite în marile observatoare, cît și de un mare număr de amatori, sînt construite după acest sistem. Prin introducerea unei oglinzi plane în apropierea oglinzii principale a unui telescop Cassegrain, la un unghi de 45°, deci prin combinarea sistemului Cassegrain cu sistemul Newton, se obține sistemul Nasmyth. O nouă oglindă plană, la 45°, adăugată sistemului Nasmyth ne permite să scoatem razele pe o direcție fixă față de sol, prin așa-numita combinație „coudé" (cotită), de asemenea, mult folosită la marile instrumente.

Toate aceste tipuri de telescoape sînt folosite fie la observații vizuale, fie la observații specializate de fotometrie sau spectroscopie, deoarece au un cîmp al imaginilor bune foarte mic. Deci pentru fotografiere aceste telescoape sînt foarte puțin eficiente. S-au imaginat de aceea sisteme mixte, catadioptrice, cu lentile și oglinzi. Primul sistem de acest gen care s-a impus în practica astronomică este sistemul imaginat de opticianul german B. Schmidt. Aici oglinda principală este sferică. Pentru a corecta aberația de sfericitate a acestei oglinzi se folosește o placă corectoare, asferică, astfel că partea ei centrală acționează ca o lentilă convergentă, iar părțile marginale, ca o lentilă divergentă. Deși realizarea acestor plăci este destul de dificilă, odată obținut un asemenea instrument permite reunirea unor performanțe care nu sînt accesibile celorlalte tipuri de instrumente, fie reflectoare, fie refractoare. Aceste performanțe sînt: un cîmp mare, o luminozitate mare (raportul D/F atingînd valori supraunitare) la un diametru D de peste un metru. Cel mai mare instrument de acest gen, pînă în prezent, care se află la Tautemburg (R.D.G.), fiind opera celebrei firme Carl Zeiss, are o oglindă principală de 2 m diametru, iar placa corectoare de 134 cm. Cu asemenea instrumente se fac veritabile inventarieri ale cerului, cum ar fi cele de la Mount Palomar, efectuate cu un instrument asemănător, ceva mai mic, dar mult mai celebru. După circa 10 ani de la apariția sistemului propus de Schmidt, a apărut și concurentul acestuia, sub forma telescopului cu menisc, propus de opticianul sovietic D. D. Maksutov. Aici aberația de sfericitate a oglinzii principale, care este tot sferică, se realizează cu ajutorul unui menisc divergent, aproape acromatic. După acest sistem s-au realizat atît aparate fotografice, cît și aparate destinate observației vizuale.

Există și tipuri mai sofisticate de telescoape, asupra cărora nu vom insista aici.

3.3. Compararea reflectorului cu refractorul

După această rapidă trecere în revistă a principalelor tipuri de reflectoare să vedem care sînt caracteristicile acestora în comparație cu ale refractoarelor. Dar înainte de aceasta menționăm că toate noțiunile referitoare la obiective și oculare rămîn valabile în continuare. Toate formulele prezentate în paragrafele anterioare, cu privire la puterea de pătrundere și de separare sau cu privire la grosismente sînt aplicabile și la telescopul reflector.

Oricît de bine ar fi calculat un obiectiv de refractor, chiar din mai mult de două lentile, tot mai rămîne un acromatism remanent, pe cînd obiectivul oglindă, pe care nu se produce decît reflexia luminii, este perfect acromatic.

Apoi oglinda reflectă atît radiațiile vizibile cît și pe cele din afara spectrului perceput de ochi — razele ultraviolete și infraroșii —, telescopul fiind deci recomandabil pentru lucrări de astrospectroscopie care interesează aceste domenii spectrale.

În al treilea rînd, obiectivele de oglinzi pot fi făcute mult mai luminoase, întîlnindu-se curent reflectoare cu D/F între 1/6 și 1/8 (la unele mergînd chiar peste 1/3), pe cînd obiectivele marilor refractoare au un raport D/F între 1/15 și 1/20.

Din punct de vedere constructiv, un obiectiv de refractor are cel puțin 4 suprafețe de șlefuit, pe cînd oglinda obiectivului are o singură suprafață care trebuie prelucrată cu precizie optică.

În fine, avantajul care este precumpănitor atunci cînd problema se pune în fața unui amator, care nu are la dispoziție o industrie optică, este acela al procurării materialelor: o bună oglindă de telescop poate fi confecționată din orice fel de sticlă, dacă este suficient de groasă și nu are bule de aer sau

alte incluziuni în interior, pe cînd un bun refractor necesită cel puțin două blocuri de sticlă optică omogenă, din sorturi diferite, cu totul inaccesibile amatorului.

Telescopul obișnuit are și unele defecte — minore — în raport cu refractorul. Astfel, el este mult mai sensibil la variațiile de temperatură, care deformînd oglinda duc la o sensibilă deplasare a focarului. De aceea pînă nu de mult în scopuri astrometrice se foloseau în exclusivitate refractoarele. Dar, așa cum am mai amintit, încă din anul 1964 a intrat în uz primul telescop reflector astrometric cu oglinda din cuarț topit, cu diametrul de 152 cm. Cuarțul are un coeficient de dilatare termică foarte mic, așa că noul instrument, instalat la Observatorul astronomic al marinei S.U.A., lîngă Flagstaff în statul Arizona, permite cunoscutului astronom Dr. K. Strand să se ocupe în continuare, cu succes, de căutarea planetelor altor sisteme solare.

Revenind la telescopul amatorului, deci la un reflector cu o oglindă cu diametrul între 15 și 30 cm, citățm părerea unanimă a celor cu experiență în acest domeniu: „este mult mai ușor să se facă un reflector bun, decît un refractor de proastă calitate". Noi vom merge pe aceeași cale și vom da amatorului sfaturile necesare pentru a putea construi un bun telescop reflector.

Mai precizăm că la reflectoarele la care raportul D/F este destul de mare, în jur de 1/6, ocularele obișnuite Huygens nu dau cele mai bune rezultate. În aceste cazuri se pot folosi în calitate de oculare obiectivele compuse de microscop, care sînt calculate pentru fascicule relativ largi. Acestea, avînd și un focar scurt, permit obținerea unor grosismente apropiate de grosismentul rezolvant al obiectivului. Dacă am avea un obiectiv oglindă cu $D = 30$ cm și

un $F = 180$ cm, clasicul ocular Huygens de 15× va da un grosisment de 108×, pe cînd un obiectiv de microscop care mărește de 40× ($f = 6{,}25$ mm) va da un grosisment de 288×, mult mai convenabil pentru anumite scopuri.

Capitolul 4

CUM CONSTRUIM UN TELESCOP

Construirea unui telescop se compune din două părți distincte: construirea părții optice și construirea părții mecanice. Mai dificilă pare construirea părții optice, în special a oglinzii obiectiv. Acest lucru este explicabil, deoarece precizia cu care trebuie realizată suprafața reflectantă este foarte mare. Suprafața realizată nu trebuie să se abată de la suprafața geometrică propusă (sferă sau paraboloid de revoluție) decît cu cel mult $\lambda/8$, ceea ce, pentru lumina vizibilă, este cam de 0,00007 mm!

Văzînd această mărime, amatorul s-ar putea simți descurajat. De aceea ne grăbim să-l informăm că toți constructorii de telescoape au avut de realizat această performanță și cei mai mulți chiar au depășit-o. Se cunosc oglinzi realizate de amatori cu o precizie de $\lambda/50$! Această precizie extremă, care numai rar se întîlnește la unele produse industriale, se datorește faptului că amatorul, neavînd un plan de îndeplinit, lucrează în tihnă, cu răbdare, pînă atinge precizia dorită.

Începînd cu marele Newton, care a construit practic primul telescop reflector, istoria cunoaște numele multor amatori care au devenit celebri grație telescoapelor pe care le-au realizat. Dintre aceștia cel mai cunoscut este desigur William Herschel, care, la vremea sa, a reușit să construiască cele mai mari telescoape din lume.

Mai aproape de vremea noastră, la începutul secolului, cel care a construit primele telescoape moderne de peste 1 m diametru, cu care s-au dotat observatoarele americane, a fost un desenator, G. W. Ritchey. El a realizat și oglinda de 2,5 m diametru, care multă vreme a fost cea mai mare din lume.

Un alt american celebru, care la începutul vieții sale s-a ocupat cu construcția de telescoape, este C. W. Tombaugh. Fiu de fermier, Tombaugh capătă de la bunicul său pasiunea pentru astronomie și, pentru a-și satisface această pasiune, începe să-și construiască singur telescoapele, ajungînd pînă la un reflector newtonian cu oglinda de 9″ (9 țoli = 22,9 cm). Trimițînd observațiile făcute cu acest instrument la Observatorul lui Lowell, din Flagstaff, este apreciat de conducerea observatorului (Dr. Slipher) și devine colaborator salariat al acestuia. Acolo va descoperi Tombaugh planeta Pluton, descoperire care i-a adus celebritatea. Dar și astronomii profesioniști, care au la dispoziție instrumentele unui observator, se ocupă cu construcția de telescoape. Astfel, în U.R.S.S., este binecunoscut cazul profesorului N. P. Barabașov sau al profesorului B. A. Vorontov-Veliaminov.

Avînd deci atîtea celebrități printre înaintași, să pornim cu încredere la realizarea telescopului nostru. Cum se șlefuiește oglinda principală a reflectorului? Simplu: frecînd, într-un anumit fel cu mîna,

două discuri suficient de groase de sticlă, avînd același diametru. Cu ţimpul, unul din ele (cel de deasupra) va deveni concav, fiind în final oglinda mult dorită. Amănunte vom da în paragrafele următoare.

4.1. Materialele necesare

Pentru realizarea unei oglinzi de telescop sînt necesare două discuri de sticlă suficient de groase, de același diametru, abrazive sub formă de praf, de diferite granulații, oxid roșu de fier, smoală, colofoniu, terebentină, unele chimicale necesare operației de argintare și unele unelte simple: ciocan, foarfece, cleşte etc.

4.1.1. STICLA. Sticla necesară confecționării oglinzii trebuie să aibă o grosime minimă pentru a nu se deforma sub propria-i greutate. După cum va fi sprijinită în barillet, pe 3, 6 sau 9 puncte echidistante, grosimea ei, d, este dată în mm, în funcție de diametrul D, prin relațiile următoare:

$$\begin{aligned} d_3 &= D^2/1\,250 \\ d_6 &= D^2/3\,780 \\ d_9 &= D^2/4\,550 \end{aligned} \qquad (22)$$

Se observă că, pentru o oglindă de 10 cm diametru, este suficientă o sticlă groasă de vitrină, sau un cristal de birou, pe cînd pentru o oglindă de 25 cm este necesară o sticlă de 5 cm grosime, în cazul sprijinirii pe 3 puncte.

4.1.2. ABRAZIVI. Prafurile de șlefuit sînt carbura de siliciu, numită și carborundum, carsilon, sau crystolon și șmirghelul (emeri) care este o rocă metamorfică cu granule de corindon. Se mai folosește chiar corindon pur (oxid de aluminiu). Cel mai dur dintre acestea trei este carborundumul, iar cel mai puțin dur, șmirghelul. Cele mai dure abrazive se folosesc în primele etape ale lucrului, terminînd finisarea cu cele mai puțin dure.

Granulele acestor abrazivi au diferite dimensiuni, dar ele se livrează pe categorii, în cadrul fiecăreia, granulele avînd cam aceeași dimensiune. În *scara engleză*, numărul asociat fiecărei categorii de abraziv reprezintă numărul de ochiuri pe țol pătrat pe care l-a avut sita cu care s-a cernut abrazivul respectiv. Astfel abrazivii cu numerele 40, 60, 100 și 200 (cele mai uzuale granulații folosite la șlefuirea oglinzilor) au dimensiunile de 0,40, 0,20, 0,15 și, respectiv, 0,06 mm. Dacă nu dispunem de carborundum praf, de diferite granulații — care se poate obține de la Întreprinderea „Carbochim" din Cluj-Napoca — putem, la nevoie, sparge cîteva pietre de polizor de diferite granulații, din care ne vom procura, prin pisare, cîteva sorturi de abrazivi. Și șmirghelul este de mai multe sorturi, totul de mai sus rămînînd valabil. Numai forma granulelor de șmirghel este mai rotunjită, din care cauză acțiunea sa este mai lentă. De aceea, șmirghelul se recomandă pentru ultimele faze ale finisării. Pentru cea mai fină operație, polizarea, se folosește oxidul roșu de fier, care se găsește la magazinele metalo-chimice, uneori și sub denumirea de miniu de fier. Dintr-un kilogram, prin decantare, se aleg cîteva zeci de grame de praf extrem de fin, ce va fi folosit numai la ultimele etape ale polizării. În cadrul polizării se mai folosește un polizor de smoală pe care se aplică stratul de oxid de fier cu apă sub formă de pastă. Dacă smoala este prea tare, se moaie cu terebentină, iar dacă este prea moale se întărește cu colofoniu.

4.1.3. CHIMICALE. Substanțele chimice necesare operației de argintare sînt, pe scurt, următoarele:

acid azotic concentrat (fumans) și amoniac pentru curățirea oglinzii și azotat de argint, hidroxid de potasiu sau sodiu, glucoză chimic pură și amoniac pentru argintarea propriu-zisă. Cantitățile din fiecare substanță le vom indica în paragraful consacrat argintării.

4.1.4. ALTE MATERIALE. Dintre aceste alte materiale deja am amintit pe unele necesare operației de polizare: smoala, colofoniul, terebentina. Pentru realizarea monturii telescopului sînt necesare materiale ca: scîndură, tablă, cuie, bare cornier, carton etc., în funcție de tipul de montură aleasă. Și aici vom reveni cu amănunte pe larg la paragraful respectiv.

4.2. Stabilirea proiectului

Prin stabilirea proiectului înțelegem alegerea unui tip de reflector și caracteristicile obiectivului acestuia. Ținînd seamă că ne adresăm și amatorilor începători, ce nu s-au mai ocupat cu construcția de telescoape, operație delicată, care cere din partea constructorului multă abilitate, răbdare și perseverență, vom propune un proiect minim, mai ușor de realizat, dar a cărui materializare va permite însușirea principalelor tehnici de lucru, iar, mai apoi, abordarea de proiecte mai îndrăznețe va fi încununată de succes.

Propunem deci un reflector de tip Newton, cu o oglindă obiectiv de 100 mm diametru și distanța focală de 160 cm. Alți autori propun pentru început, deodată, oglinda de 150 mm dar, în afară de faptul că această oglindă necesită o sticlă de două ori mai groasă, inaccesibilă uneori amatorului începător pînă își face relațiile necesare, și realizarea ei este mai

dificilă atît în ceea ce privește partea optică, cît și partea mecanică. Forma oglinzii va fi sferică. Aberația de sfericitate pe care o are o oglindă sferică este cu atît mai mică, cu cît raportul F/D este mai mare. De la o anumită valoare, practic, sfera nu se mai deosebește de parabolă care, după cum se știe, nu are aberație de sfericitate. Se citează pentru valoarea *minimă* a raportului F/D relația:

$$F/D = 1{,}52\sqrt[3]{D_{mm}} \qquad (23)$$

În cazul nostru am fi putut opta pentru o distanță focală sub 1 m dar, ținînd seamă că o bună oglindă de 100 mm diametru permite grosismente în jur de 150× și că oculare puternice se găsesc mai greu, am optat pentru lungirea focarului. Dealtfel, tot în avantajul începătorului a fost această alungire, deoarece cu cît raportul F/D este mai mare, cu atît realizarea optică a obiectivului este ușurată. Acest obiectiv cu ocularul clasic de 15× va da un grosisment de aproximativ 100×, dublul grosismentului rezolvant, putînd fi util la o multitudine de observații astronomice.

4.3. Degroșarea (eboșarea) oglinzii principale

Dacă nu dispunem de două discuri identice de sticlă, de dimensiuni convenabile, este necesar să tăiem sticla brută. Această operație se face cu o freză de tablă, groasă de cca 1 mm, care se rotește în jurul unui ax vertical, ca la mașinile de găurit, antrenînd praful de carborundum presărat între dinții rari ai frezei (vezi figura 8). O asemenea freză adaptată la o mașină de găurit, și cu o turație de circa o rotație pe secundă, dă foarte bune rezultate. Avînd acum discurile tăiate circular, putem trece

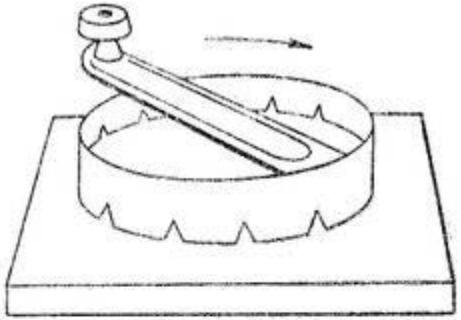

Fig. 8. Tăierea circulară a sticlei.

la degroşarea propriu-zisă. Degroşarea, sau eboşarea, este operaţia primă, prin care se îndepărtează mai mult material, pînă se ajunge la raza de curbură dorită — în cazul nostru 320 cm. Pentru o mai comodă poziţie de lucru se recomandă ca discurile să fie plasate la un nivel puţin mai ridicat sau chiar la nivelul centurii operatorului. Suportul trebuie să aibă o mare stabilitate şi să poată fi ocolit de operator în timpul lucrului. Poate fi un butoi lestat, un trepied solid etc.

Discul inferior, pe care îl vom numi *unealtă*, se centrează pe suprafaţa orizontală a suportului (butoi, trepied etc.) şi se fixează cu 3 dopuri de cauciuc bătute în cuie, situate la 120° unul de altul. Peste discul unealtă se presară o lingură din abrazivul cel mai dur (carborundum) şi cu granulaţia cea mai mare, de obicei nr. 40. Se stropeşte cu apă şi se împrăştie, cu degetele, cît mai uniform, abrazivul, pînă acoperă întreaga suprafaţă a uneltei. Peste ea se aşează centrat celălalt disc, pe care îl vom numi *oglindă*. Mişcarea principală pe care o imprimăm

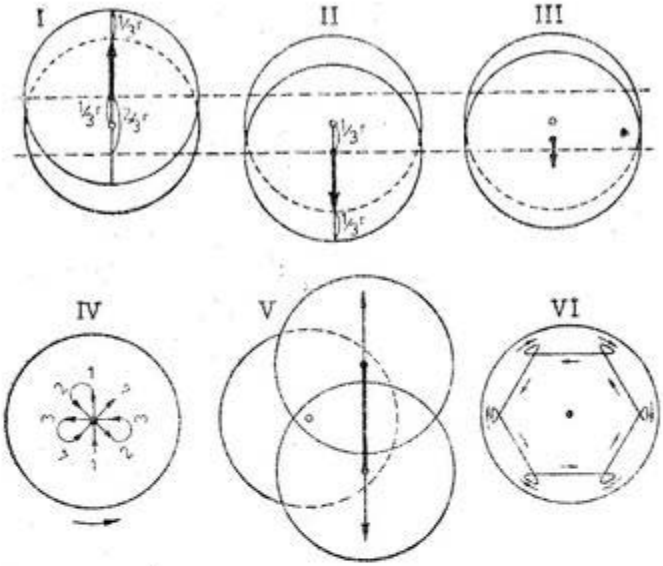

Fig. 9. Curse centrate şi curse pe coardă.

oglinzii este acea de pendulare în jurul centrului uneltei, cu o lungime a cursei pe care o vom exprima în fracţiuni din diametrul discurilor. Lungimea cursei este deosebit de importantă. În cursul degroşării executîndu-se mişcări centrate, centru peste centru, lungimea cursei va fi de 1/3. Unii autori recomandă pentru scurtarea timpului ca în primele faze ale degroşării să se execute curse mai lungi, pînă la 1/2 sau chiar 1/1. Alţi autori recomandă cursa „pe coardă", adică astfel încît centrul oglinzii să se deplaseze peste o coardă a uneltei (vezi figura 9). În afara acestei mişcări de dute-vino, trebuie să mai imprimăm oglinzii încă două mişcări de rotaţie. Du-

pă fiecare cursă dublă (dus și întors), oglinda trebuie rotită într-un sens (numai într-un sens, odată ales) cu circa 10—15°. După 3—5 asemenea curse, însăși direcția cursei se rotește în sens invers prin deplasarea operatorului în jurul postului de lucru. Această rotație va schimba direcția cursei cu 20—30°. Se observă că, în poziția excentrică extremă, marginile uneltei vor ataca mai mult centrul oglinzii, ceea ce duce prin mediere la o roadere a marginilor uneltei (care cu timpul devine convexă) și o roadere corespunzătoare a centrului oglinzii (care cu timpul va deveni concavă). În mersul cît mai uniform al celor trei mișcări constă secretul reușitei. Nu este necesar ca lungimea tuturor curselor să fie perfect egală sau ca unghiurile de rotație să fie identice. Dar nu trebuie ca abaterile de la o *valoare medie* a acestor mărimi să depășească o anumită limită. În final, ca o mediere a unui număr foarte mare de asemenea mișcări, rezultă o sferă.

În timpul curselor, cînd abrazivul este proaspăt, se aude un scîrțiit caracteristic. Cînd abrazivul este uzat sunetul se atenuează foarte mult. Atunci îndepărtăm oglinda, trăgînd-o numai lateral, spălăm ambele discuri și apoi adăugăm o nouă porție de abraziv și continuăm lucrul cu aceleași mișcări. Durata de lucru între două spălări poate fi de 1—4 minute. În prima oră se fac cam 10—15 adăugări de noi porții de abraziv. Apoi lucrăm cu abraziv mai fin, nr. 60 sau 80, caz în care și cantitatea fiecărei noi porții de abraziv va fi mai mică. Oricum întreaga suprafață a uneltei trebuie acoperită uniform cu abrazivul bine umezit, prin împroșcarea apei cu mîna. Un pulverizator nu este recomandabil deoarece împrăștie praful de abraziv.

Timpul de lucru între două schimbări de abraziv, la o granulație mai mică, este mai mare, putînd atinge 5 minute. Pentru fiecare nou sort de abraziv se lucrează cam 30 minute, schimbînd abrazivul de 12—15 ori, prin adăugarea de noi porții.

La ultimele numere de abraziv, durata de lucru cu o porție poate atinge 15 minute. Mereu trebuie adăugată apă. Mersul uniform, fără înțepeniri ale oglinzii în anumite poziții este un semn că operațiunea decurge în condiții bune. Din contră, dacă în anumite poziții simțim o rezistență la înaintare crescută, care uneori duce chiar la blocarea celor două discuri, este un indiciu fie că cele două suprafețe nu aderă uniform, fie că abrazivul nu este împrăștiat uniform, sau că lipsește apa.

În cazul adoptării pentru început a curselor pe coardă, oglinda este atacată mai întîi în părțile centrale, zonele periferice rămînînd plane. Se observă, în cazul folosirii curselor pe coardă, că se face economie de material și de timp, oglinda rămînînd în final, la aceeași distanță focală, mai groasă, lucru deosebit de important atunci cînd de la început nu dispunem de o sticlă prea groasă.

Dar șlefuitul pe coardă are și pericole: zonele centrale pot căpăta o curbură prea mare chiar înainte ca zona atacată să ajungă la marginea discului. De aceea, în afara controlului periodic al adînciturii centrale, se recomandă, ca măsură de precauție, să se adopte o coardă nu mai îndepărtată de 1/3 din diametrul discului, în raport cu centrul uneltei.

O mărime care dă valoare razei de curbură este săgeata scobiturii (concavității). Dacă notăm cu r raza oglinzii ($D=2r$), cu R raza de curbură a oglinzii și cu x săgeata, prin aplicarea teoremei lui Pitagora obținem relația:

$$R = \frac{x^2 + r^2}{2x}$$

Cum, în general, x este mic, x^2 va fi şi mai mic, de aceea neglijînd acest prim termen nu facem o eroare prea mare. Deci putem scrie:

$$R = \frac{r^2}{2x} \qquad (24)$$

Măsurarea săgeţii se poate face cu un sferometru. Dacă nu dispunem de un asemenea aparat, putem măsura raza de curbură printr-o metodă optică. Udăm din abundenţă suprafaţa concavă a oglinzii cu apă şi o îndreptăm spre Soare, căutînd să prindem pe un perete neluminat imaginea acestuia (a Soarelui). Cînd imaginea are dimensiunea minimă şi claritatea maximă, distanţa de la oglindă la imagine este egală cu distanţa focală a oglinzii în acel stadiu, deci cu $R/2$. Asemenea control optic al razei de curbură trebuie făcut cît mai des. În caz că totuşi am trecut dincolo de raza de curbură propusă, găsind pentru R o valoare mai mică decît cea din proiect (în timpul lucrului R scade) trebuie luate măsuri pentru aducerea lui R la valoarea proiectată. Se aplică aici următoarea *regulă:* cînd lungimea cursei creşte, raza de curbură scade şi invers. Deci, pentru a lungi raza de curbură, vom scurta lungimea cursei la 1/4 sau chiar 1/5. Un procedeu mai drastic de a lungi raza de curbură este acela de a schimba unealta cu oglinda între ele: deci de a şlefui folosind curse normale (1/3 centru peste centru) avînd unealta deasupra. Nu este bine să aplicăm însă prea mult acest procedeu, deoarece ne poate duce la o rază prea mare, iar repetarea inversărilor poate duce la o subţiere prea mare a sticlei.

Scopul degroşării este de a realiza o suprafaţă *aproape sferică* cu raza de curbură impusă de proiect. În momentul în care acest obiectiv a fost atins degroşarea încetează.

4.4. Dusisarea sau şlefuirea fină

Şlefuirea fină sau dusisarea (îndulcirea) este cea de a doua operaţie la care este supusă viitoarea oglindă obiectiv în scopul de a micşora cît mai mult rugozitatea suprafeţei concave obţinute, deci de a micşora cît mai mult adînciturile şi proeminenţele rămase în urma ultimei operaţii din cadrul degroşării. În acelaşi timp cu netezirea suprafeţei, şlefuirea fină mai are şi scopul de a realiza cu precizie suprafaţa dorită (sfera).

Dusisarea începe cu şmirghel de granulaţie fină, de la 100 în sus progresiv, punînd porţii care conţin din ce în ce mai puţin praf şi din ce în ce mai multă apă. Celelalte reguli rămîn valabile. Se va folosi numai cursa normală (1/3 centru peste centru) cu aceleaşi mişcări de rotaţie. Atenţie mare la alunecarea *uniformă* a oglinzii peste unealtă. Controlul optic al razei de curbură se efectuează şi acum după schimbarea cîtorva porţii de abraziv. Trecerea la un abraziv mai fin se face cu o deosebită prudenţă, după o curăţire excesivă a discurilor, a locului de muncă şi chiar a halatului nostru. Prezenţa unui singur grăunte din abrazivul precedent poate crea zgîrieturi pentru a căror înlăturare se pierde foarte mult timp şi energie. Ultimele ore de dusisare se fac cu şmirghelul minutat.

Şmirghelul minutat se obţine prin operaţiile de levigare şi decantare, după cum urmează. Într-un borcan de circa 10 litri, folosit curent în gospodărie la păstrarea murăturilor, se introduc cam 1 kg din cel mai fin şmirghel de care dispunem (peste nr. 200) şi se umple cu apă. Se agită puternic cu un băţ, avînd grijă să nu spargem vasul, pînă ce tot praful va fi antrenat de mişcarea turbionară. Din acel moment cronometrăm 240 minute după care sifonăm

apa într-un alt vas de 10 litri și o lăsăm să se liniștească pînă a doua zi. La fundul celui de al doilea vas se depune un precipitat alcătuit din praf de șmirghel foarte fin, nepalpabil. Sifonăm cu grijă apa spre a nu antrena praful în celălalt vas. Precipitatul fin de pe fundul vasului al doilea se strînge într-un borcănaș pe care punem o etichetă cu inscripția „șmirghel 240 minute". Agităm din nou apa din primul vas și lăsăm să se depună numai 120 minute. Procedăm ca și în primul caz și obținem „șmirghel 120 minute". Tot așa vom obține șmirghel minutat de 60, 30, 15, 8, 4, 2 și un minut, precum și de 30 secunde. Cantitățile respective vor fi tot mai mari, iar granulațiile de asemenea tot mai mari. Dacă abrazivul de 30 secunde are granulele de circa 100—125 microni, șmirghelul de 240 minute are granule de 5—7 microni, fiind folosit la ultimele faze ale dusisării. Se începe finisarea cu șmirghelul de 30 secunde și se respectă aceeași regulă ca la degroșare: abrazivul uniform distribuit pe suprafața uneltei, umezit cu apă. Se șlefuiește cu curse centrate de 1/3 cam o oră, schimbînd abrazivul la fiecare 10—15 minute. Se spală apoi bine oglinda, unealta și locul de lucru, după care se șlefuiește cu șmirghel de 1 minut încă o oră.

În general, se trece la un nou abraziv, mai fin, cînd se constată că urmele provocate de cel precedent au dispărut. Pentru aceasta se privește oglinda puternic luminată cu o lupă care mărește de circa 10×. Astfel se continuă cu șmirghelul de 2, 4, 8, 16 pînă la șmirghelul de 240 minute. Cantitățile necesare pentru acoperirea întregii suprafețe a oglinzii vor fi din ce în ce mai mici. După terminarea finisării cu șmirghelul de 240 minute, suprafața oglinzii este foarte fină, în ea putînd fi observată prin reflexie imaginea unui filament incandescent la o incidență de 45°.

Este bine ca în cursul dusisării să se inverseze din cînd în cînd oglinda cu unealta. În felul acesta se evită mărirea curburii și, ceea ce este mai grav, obținerea unei suprafețe hiperboloidale, pentru a cărei corectare se irosește mult timp. Aspectul oglinzii total finisate este cel al unei sticle acoperite cu un strat subțire de lapte uscat. Prin transparență se poate citi un text, dacă oglinda se aplică direct pe hîrtia respectivă.

4.5. Polizarea

Înainte de a începe descrierea operației de polizare, facem mențiunea, foarte importantă, că orice economie de timp la finisare se repercutează printr-un timp înzecit folosit în plus la polizare. Așa că nu trecem la această operație pînă nu sîntem convinși că finisarea a fost corect și total executată.

Scopul polizării este obținerea unei suprafețe perfect netede, a cărei rugozitate să fie între 0,05 și 0,012 microni (STAS 5 730—66). Spre deosebire de degroșare și dusisare, care erau procedee mecanice, polizarea este un proces fizico-chimic, în care se înlătură pelicule de sticlă cu o grosime de ordinul moleculelor, erodarea producîndu-se atît mecanic, prin acțiunea abrazivilor, cît și a hidrolizei sticlei. Pentru amănunte asupra procesului intrinsec al polizării, a se consulta lucrările de strictă specialitate.

Pulberile întrebuințate la polizarea sticlei sînt în cea mai mare parte oxizi metalici.

Poliritul este un amestec de oxizi ai metalelor alcalino-pămîntoase, cu o densitate de 5,8—6,2 g/cm^3 și pînă la 50 % oxid de ceriu. În 30 minute înlătură prin polizare 35—40 mg sticlă.

Oxidul de fier roșu (miniul de fier) este alt material des întrebuințat la polizare, cu o eficiență de 18—20 mg în 30 minute. Acest material este cunoscut și sub denumirea de *crocus*.

Oxidul de crom, de culoare verde, se întrebuințează mai ales la polizarea metalelor. La sticlă are o eficiență ceva mai slabă ca a crocusului, de 15—17 mg/30 minute.

Oxidul de toriu, de culoare galbenă, are o eficiență mai bună (35—40 mg/30 minute).

Oxidul de ceriu, de culoare cafenie-roșcată, are cea mai mare eficiență, de 40—50 mg/30 minute. Din nefericire, acestea din urmă sînt materiale scumpe, care se pot procura greu și doar în cantități mici. Vom folosi așadar crocusul.

Pentru a se uniformiza dimensiunile particulelor, între 1,5—0,1 microni se procedează la o levigare și decantare prealabilă, după cum urmează. Într-un vas ca acelea folosite la decantarea șmirghelului minutat, se varsă 1 kg de oxid roșu de fier, cumpărat de la magazinele de chimicale. Se umple borcanul cu apă și se agită cu o baghetă pînă ce tot praful ajunge în suspensie. Se așteaptă apoi 30 minute să se depună, după care se sifonează apa într-un borcan identic. Cu o lingură se ridică jumătatea superioară a precipitatului și se trece în al doilea vas. Restul de oxid se poate arunca. Primul vas se spală cu apă curată. Apa cu cele 1/2 kg oxid de fier rămasă se agită, se așteaptă iar 30 minute, se sifonează apa în primul vas și apoi se trece cu lingura jumătatea superioară a precipitatului în primul borcan. Cu această 1/4 kg se mai repetă operația odată și în final se obține 1/8 kg oxid roșu de fier, foarte omogen și foarte fin, pe care îl vom folosi la polizare. Se păstrează închis într-un flacon sub un strat de apă.

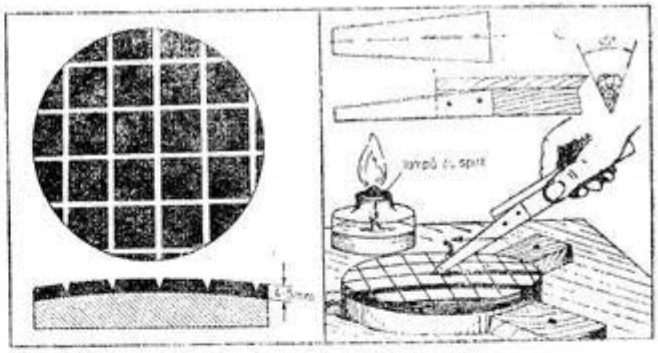

Fig. 10. Realizarea polizorului.

În timpul operației de polizare, oxidul de fier nu se aplică decît pe unealtă. Polizarea se execută pe suprafețe mai moi, de pîslă sau de smoală. La realizarea suprafețelor de cea mai mare precizie se folosesc polizoarele de smoală. Polizorul se realizează din smoală, la care se adaugă parafină sau colofoniu, după cum dorim ca polizorul să fie mai moale sau mai tare. De obicei, pentru obținerea unei suprafețe sferice este indicat un polizor mai tare, astfel că adăugăm la circa 0,2 dm^3 de smoală o cantitate de 5 ori mai mică de colofoniu (pentru oglinda de 100 mm diametru). Se topește amestecul într-un vas de tablă cu miner de lemn, cu grijă, pentru a nu lua foc smoala. Între timp, în jurul uneltei, cu convexitatea în sus, legăm o bandă de carton, care depășește unealta cu circa un centimetru în înălțime. Turnăm în acest vas improvizat smoala topită, pornind de la margine în spirală spre centru, astfel ca pe unealtă să

se depună un strat uniform de 5—6 mm grosime. În centru mai picurăm puțin, astfel ca să se formeze o mică umflătură. Înainte ca smoala depusă să se întărească îndepărtăm cu prudență banda de carton, udăm bine oglinda și o săpunim și astfel o aplicăm cu concavitatea în jos peste stratul încă moale de smoală, executînd o ușoară presiune. Pentru ca la încălzire în contact cu smoala oglinda să nu crape, este bine ca ea să fie încălzită în prealabil treptat, în apă caldă. Smoala încă moale va lua forma oglinzii. Lăsăm apoi smoala să se întărească prin răcire, după care, cu un dispozitiv fierbinte, executăm un caroiaj pe suprafața polizorului. Șanțurile vor avea între ele o distanță de 20—25 mm, iar adîncimea de 4—5 mm. Trebuie avut în vedere ca în centrul polizorului să nu apară centrul unui pătrat și nici încrucișarea a două canale. Cu alte cuvinte, polizorul nu trebuie să fie simetric. Cel mai bine este ca centrul polizorului să cadă pe diagonala unui pătrat, în apropiere de colț. Alți autori recomandă confecționarea polizorului din careuri de smoală prefabricate și apoi lipite pe unealta pe care s-au trasat șanțurile respective cu creionul. După terminarea tuturor canalelor, de egală grosime și adîncime, sau după lipirea tuturor careurilor, se încălzesc cu prudență în același vas cu apă caldă atît oglinda cît și polizorul, iar apoi cînd smoala a devenit destul de moale, fără a curge însă, se săpunește din nou oglinda și se aplică pe polizor. E bine ca această operație să fie executată chiar în vasul cu apă caldă. Se evită astfel lipirea oglinzii de polizor. Se execută o ușoară presiune asupra oglinzii, pînă ce toate careurile intră în contact cu oglinda pe toată suprafața lor. Se execută mici mișcări de rotație și laterale, ca la șlefuire. Se lasă apoi sub apă să se răcească, cu o greutate de 3—5 kg pe oglindă. Cînd apa și polizorul s-au răcit suficient, smoala devenind tare, se poate începe polizarea.

Cu o periuță cu păr moale, de acuarelă, se întinde în același sens pe fiecare careu un strat subțire din pasta formată din oxidul roșu de fier foarte diluat cu apă. Mișcările la polizare sînt aceleași ca la finisare, dar apăsarea trebuie să fie mult mai slabă. După circa ½ oră de polizare, oglinda începe să capete luciu, devenind treptat transparentă. Este bine ca acest luciu să apară uniform pe toată suprafața oglinzii. Și acum mersul uniform, fără smucituri, al oglinzii pe polizor este o dovadă că suprafețele sînt în contact uniform, pe toată lungimea cursei, deci că sîntem foarte aproape de țelul propus — o suprafață sferică. Și în cazul polizării este bine din cînd în cînd să polizăm cu oglinda jos. Deoarece la o prea intensă și îndelungată polizare, datorită frecării, smoala se încălzește și se înmoaie, ceea ce poate duce la alterarea formei suprafeței, este necesar să se facă pauze după fiecare 30 minute. În timpul pauzelor se execută ceea ce se numește *„presare la rece"*. Polizorul peste care se așează oglinda se introduce într-un vas cu apă rece, iar pe oglindă se pune o greutate de circa 5 kg. În funcție de gradul de finisare și de rapiditatea curselor la polizare (care nu trebuie să depășească 1 cursă dublă pe secundă), durata totală a polizării poate varia între 3 și 6 ore. Oglinda perfect polizată este curată, lipsită de puncte și zgîrieturi. Practic, suprafața polizată aproape nu se vede.

Ajunși în acest stadiu, trecem la controlul optic al suprafeței.

4.6. Controlul optic

Știm că suprafața obținută nu trebuie să se abată de la aceea preconizată (sfera) cu mai mult de $\lambda/8$, ceea ce înseamnă, pentru lumina vizibilă, circa 0,00007 mm. Mărimea aceasta, deși pare foarte mică, poate fi lesne evidențiată prin metode optice speciale, pe care le vom descrie mai jos. Înainte de aceasta este mai indicat să efectuăm un control sumar al *imaginilor extrafocale.*

Precizăm că toate aceste testări se fac în centrul de curbură, la dublul distanței focale, unde oglinda sferică nu are aberații. Sursa de lumină va consta dintr-un orificiu mic, sub 1 mm, practicat într-o foaie de staniol cu vîrful unui ac fin. Acest orificiu, plasat în apropierea centrului de curbură, va fi iluminat puternic de un bec mat de circa 100 W. De partea cealaltă a centrului de curbură se va afla un ocular, de cel puțin 15x, pe un suport reglabil. Oglinda se va așeza pe un suport special, în poziție verticală. În camera în care se face testarea trebuie să fie întuneric. La focalizare exactă trebuie să vedem în ocular imaginea orificiului iluminat, ca și cum ar fi privit direct cu ocularul. Acum începem studiul imaginilor extrafocale. Introducem ocularul spre oglindă cîțiva mm (imagine intrafocală) și studiem cu atenție figurile obținute. Dacă atît imaginile intrafocale cît și cele extrafocale sînt circulare și aproximativ la fel, sînt șanse ca oglinda să fie bună și putem trece la testarea cu metode speciale, mai sensibile. Dacă însă imaginile extra sau intrafocale sînt turtite, eliptice, oglinda este astigmatică și nu poate fi corectată decît prin reluarea șlefuirii. O imagine astigmatică artificială se poate obține prin mărirea distanței dintre sursa de lumină și ocular. Unghiul de incidență (față de normală) fiind

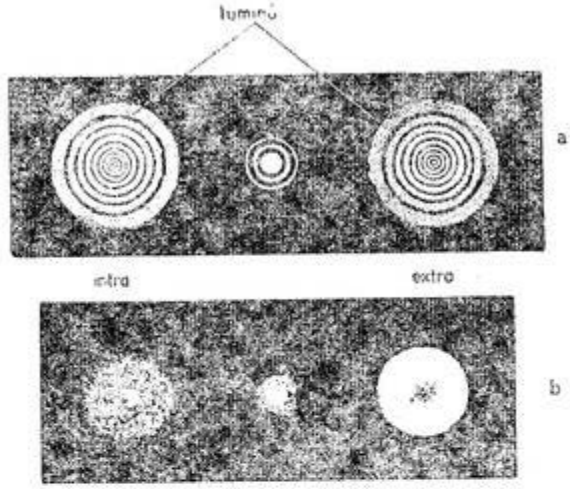

Fig. 11. Testarea cu ocularul în centrul de curbură:
a — sferă; b — paraboloid.

mai mare, chiar și o oglindă perfect sferică va da imagini extrafocale (sau intrafocale) ovale.

4.6.1. METODA RONCHI. Această metodă, propusă de cunoscutul optician italian Vasco Ronchi, este foarte expeditivă, permițînd repede stabilirea calitativă a formei suprafeței cercetate. În această metodă, razele de lumină trec printr-o rețea atît înainte de a ajunge la oglindă, cît și înainte de a intra în ochi. Cel mai ușor, dispozitivul de cercetat oglinda prin metoda Ronchi se realizează în modul următor: dintr-o țesătură fină (ciorap de nylon foarte des, de ex.) se taie o bucată de 15/5 cm, care se întinde bine și se prinde între două rame de lemn, de metal sau chiar de carton, astfel ca în interior să avem o fantă centrală de 12/3 cm. Această fantă se ține

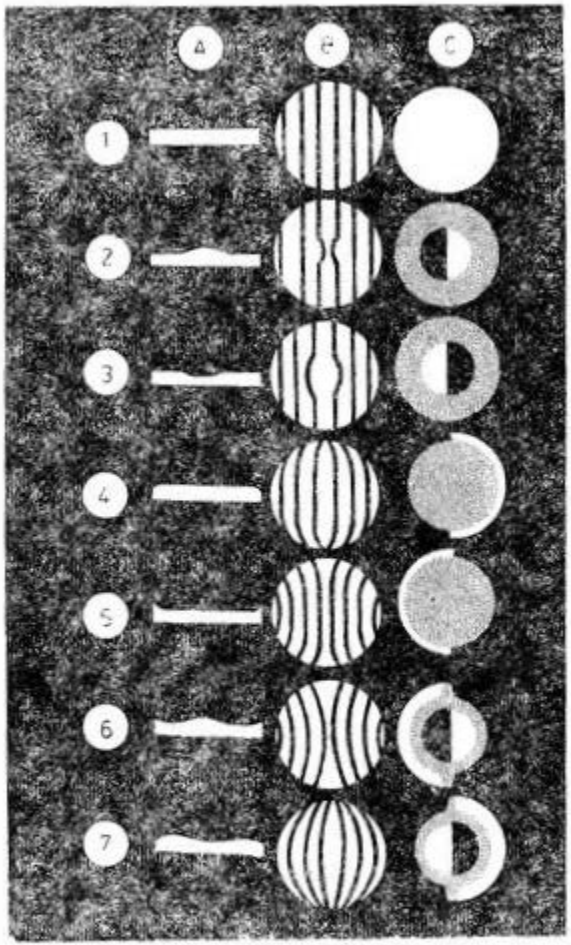

Fig. 12. Aspecte ale metodei Ronchi Foucault ; A — relief aparent ; B — figură Ronchi ; C — figură Foucault ; 1 — sferă ; 2 — umflătură centrală ; 3 — gaură centrală ; 4 — bord rabătut ; 5 — bord predominant ; 6 — sferoid turtit ; 7 — elipsoid, paraboloid sau hiperboloid. Sursa de lumină la dreapta ochiului.

orizontal, între sursă și oglindă, la 1—2 cm distanță de sursă. Tot prin aceeași rețea se privește oglinda. Printr-un efect de interferență a fasciculelor multiple apare în ochiul observatorului o serie de figuri care ne permit să apreciem deodată forma oglinzii. În figura 12 dăm cîteva cazuri tipice care pot fi identificate prin această metodă.

Metoda Ronchi este din această cauză cu predilecție recomandată amatorilor începători. Opticianul sovietic D. D. Maksutov a modificat această metodă, propunînd „metoda fantei și a firului". Ea constă în următoarele: În locul unei surse punctiforme se folosește o sursă sub forma unei fante dreptunghiulare verticale, cu o înălțime de 1—2 mm și o lărgime de circa 0,1 mm. Ea poate fi realizată cu oarecare dificultate din două bucăți de lamă de bărbierit prinse muchie contra muchie pe o ramă comună. Reglajul se execută sub o lupă puternică pentru a permite obținerea paralelismului celor două muchii. Trebuie să acordăm realizării fantei o atenție deosebită deoarece ea va fi folosită și la metoda următoare, sursele rectilinii fine avînd unele avantaje asupra surselor punctiforme. De o ramă în formă de [se prinde un fir subțire de păr care va sta pe suport în poziție verticală (paralel cu fanta de lumină). Cu acest fir se intersectează la întoarcere fasciculul de raze reflectate de oglindă. După forma umbrei acestui fir pe suprafața luminată a oglinzii ne putem da seama în focarul cărei zone a oglinzii se află firul, deci metoda este recomandabilă pentru studiul cantitativ al aberațiilor oglinzii, fapt deosebit de important la realizarea oglinzilor mai mari, paraboloidale.

4.6.2. METODA FOUCAULT. Meritul fizicianului francez Léon Foucault, în ceea ce ne privește, în afară de introducerea în practica astronomică a oglinzilor de sticlă metalizate, este metoda de con-

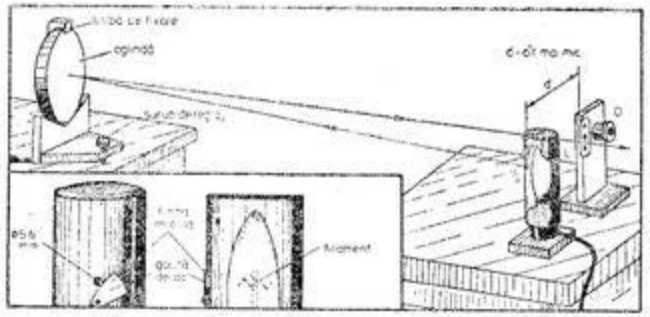

Fig. 13. Dispozitiv pentru foucaultare.

trol optic al acestora, pe care o vom descrie în cele ce urmează.

După cum am spus, ca sursă de lumină este folosită o fantă dreptunghiulară verticală și fină. Fasciculul de raze reflectate este tăiat înaintea ochiului de o *muchie de cuțit* verticală. Această muchie de cuțit poate fi realizată tot cu o lamă de bărbierit. Este bine ca mișcarea longitudinală a lamei să fie cît se poate de fină. Aproape aceleași trebuințe se impun și pentru mișcarea transversală. Dacă, în metoda Foucault, muchia de cuțit se deplasează de la stînga la dreapta (observăm cu ochiul drept, mai apropiat de sursă), mai aproape de oglindă decît centrul de curbură (în care se află sursa), pe oglindă va apărea o umbră în partea stîngă și se va deplasa în același sens în care se deplasează cuțitul. Dacă cuțitul se află mai departe de oglindă decît centrul de curbură, umbra va apărea în dreapta și se va deplasa în sens invers cuțitului. Dacă cuțitul va ataca fasciculul reflectat exact în centrul de curbură, în locul unde se face imaginea fantei de lumină, umbra se va instala brusc pe întreaga oglindă, care va apărea doar foarte palid luminată. Aceasta este cazul oglinzii sferice. În cazul cînd la această poziție a cuțitului oglinda nu se stinge brusc și total, ci apar zone de lumină, umbră și penumbră, oglinda nu este sferică și trebuie aplicate metode de corectare.

4.7. Corectarea defectelor

Cei mai mulți constructori de telescoape celebri afirmă că a vedea forma adevărată a unei oglinzi este egal cu a realiza o oglindă perfectă. În operațiunea de descifrare a figurii de umbre și lumini obținută prin metoda Foucault, un rol important îl joacă experiența. Trebuie totdeauna să ținem minte că aspectul observat este acela al unui relief luminat dintr-o parte — din partea în care se află sursa în raport cu ochiul. Amatorii care înainte de a construi un telescop reflector au observat Luna cu un alt instrument și au o oarecare experiență în acest domeniu vor descifra mai ușor semnificația figurilor Foucault. De obicei cele mai multe defecte au un caracter simetric, de revoluție, din care cauză și umbrele în metoda Foucault vor avea un aspect circular, continuu. Dacă în centrul oglinzii apare o zonă, relativ mică, luminată jumătate, cealaltă jumătate fiind întunecată, iar restul oglinzii în penumbră, înseamnă că avem în centrul oglinzii un defect. În cazul în care sursa e la dreapta ochiului, iar defectul are partea din stînga luminată, avem o adîncitură în partea centrală. Dacă partea centrală este luminată în dreapta, avem o ridicătură centrală.

Adîncitura centrală se corectează în mai multe feluri. Unul din ele este să se polizeze folosind curse normale de 1/4 peste un polizor scobit în centru. Se

poate folosi și o polizare în zig-zag tot peste un polizor cu centrul modificat, de așa natură încît centrul său să aibă un contact redus cu oglinda. După fiecare 15 minute de polizare trebuie efectuat testul optic.

Ridicătura centrală se înlătură mai ușor decît defectul precedent. Se poate înlătura cu curse excentrice lungi, sau cu curse în zig-zag sau spirale, în care centrul ridicat al oglinzii se deplasează pe muchia polizorului. După circa două rotații se execută presarea la rece 5 minute, iar apoi se repetă. De asemenea, se poate înlătura ridicătura centrală prin deprimarea zonelor marginale ale polizorului sau polizînd zona centrală a oglinzii cu un polizor mic. Dacă aceste defecte centrale sînt mici, ele ocupînd o arie circulară cu raza mai mică de 1/4 sau 1/5 din raza totală a oglinzii, ele pot fi lăsate nealterate, întrucît, în toate tipurile de telescoape, partea centrală a oglinzii este obturată de oglinda secundară.

Marginea rabătută este un defect care se înlătură mult mai greu, deoarece trebuie îndepărtată o cantitate mai mare de sticlă. La proba prin metoda Foucault, oglinda apare plană (fără relief, în penumbră, ca o oglindă sferică) cu excepția unui inel marginal, mai lat sau mai îngust, în jumătatea dreaptă luminat, iar în cea stîngă întunecat (sursa la dreapta ochiului). Se poate înlătura prin curse în zig-zag 1/4 cîte 5 minute, urmate de 5 minute presare la rece și repetare de cîteva ori. Pentru o acțiune mai energică se va poliza cu oglinda jos, în zig-zag prin curse 1/4. Dacă zona rabătută este foarte îngustă, se poate lăsa necorectată, iar apoi să diafragmăm puțin oglinda.

Uneori marginea luminoasă a oglinzii poate să apară din cauze străine bordului rabătut. De aceea completăm testul în modul următor: atunci cînd

apare imaginea de bord rabătut de care ne îndoim, lăsăm cuțitul în aceeași poziție și aplicăm în fața oglinzii, foarte aproape dar fără a o mișca, un ecran care acoperă jumătatea cu bordul rabătut întunecat. Dacă marginea verticală va apărea spre dreapta luminoasă nu avem bord rabătut. Dacă însă oglinda are marginea dreaptă luminată, dar ecranul nu, avem atunci margine rabătută. Detectarea bordului rabătut se mai poate face și cu cuțitul intrafocal, avansat astfel încît umbra să acopere 1/4 din diametrul oglinzii. Dacă marginea umbrei este dreaptă, nu avem bord rabătut; dacă însă umbra prezintă coarne alungite, bordul rabătut este prezent.

Bordul predominant este defectul invers marginii rabătute și se întîlnește mai rar. Se poate înlătura cu curse mai lungi, verificînd mereu pentru a nu trece de sferă.

Pînă aici a fost vorba de defecte locale, mici, ale suprafeței oglinzii, care, în totalitate, nu avea o formă regulată. Sînt nu rare cazurile însă cînd suprafața are o formă regulată, generată de o conică în rotație. Aceste suprafețe sînt sferoizii, pe de o parte, și elipsoizii, paraboloizii și hiperboloizii, de cealaltă parte (a sferei). Imaginea unui *sferoid*, numit și *sferoid oblat* (turtit), este în metoda Foucault cea reprezentată în figura 12—6. Ea apare în urma lucrului rapid, apăsat, cu curse drepte (centrate) și scurte (1/4) pe un polizor tare. Se poate corecta prin lungirea cursei și aplicarea cursei în zig-zag. După fiecare 5 minute se execută presarea la rece și se repetă de cîteva ori. Se scurtează cursa dacă testul indică apariția adînciturii centrale sau a marginii rabătute.

Celelalte suprafețe (elipsoizi, paraboloizi și hiperboloizi) dau imagini inverse. Deosebirea dintre ele este numai cantitativă și imaginile se deosebesc doar prin intensitatea umbrelor. Se pot corecta cu curse

normale, scurtate la 1/4. În cazul hiperbolelor avansate se polizează cu polizorul deasupra în zig-zag, astfel ca muchia lui, pe care apăsăm puternic, să execute un zig-zag în jurul zonei oglinzii avînd raza egală cu 0,7 din raza ei totală.

4.8. Argintarea

În principiu, argintarea ar putea fi executată în atelierele de specialitate din diferite localităţi. Cum însă nu toate localităţile au un asemenea atelier şi deoarece învăţarea operaţiei de argintare este deosebit de instructivă, ea producînd, atunci cînd reuşeşte, o satisfacţie deosebită, indicăm amatorului să încerce să-şi arginteze singur oglinda. În altă ordine de idei, menţionăm că am văzut o oglindă de telescop argintată la un atelier dintr-un mare oraş, care era cu totul sub orice critică ...

Pentru reuşită în această operaţie, ca şi realizarea suprafeţei oglinzii, amatorul trebuie să lucreze foarte îngrijit şi să acorde o deosebită atenţie sfaturilor noastre. În primul rînd curăţenie deplină, atît a mîinilor cît şi a vaselor pentru diferite soluţii. Apoi chimicalele folosite să fie de cea mai bună calitate, bine conservate şi chimic pure. O curăţenie excepţională trebuie să prezinte însăşi oglinda. Materialele necesare sînt următoarele: acid azotic „fumans", amoniac concentrat, alcool şi apă distilată pentru curăţirea oglinzii, 5 g azotat de argint, 5 g hidroxid de potasiu (sau 3 g hidroxid de sodiu) şi 10 g glucoză pură, pentru operaţia de argintare propriu-zisă. La această operaţie mai folosim, de asemenea, apă distilată şi amoniac. Elevii ar putea găsi aceste substanţe la laboratorul şcolii lor. Azotatul de argint se poate procura, la fel ca şi glucoza, de la farmacii.

Curăţirea oglinzii se execută în modul următor: se introduce oglinda într-un vas mai mare de sticlă (cristalizor) sau de porţelan (farfurie) şi se toarnă deasupra puţin acid azotic fumans. Cu o baghetă în vîrful căreia am fixat un tampon de vată se freacă tare toate părţile oglinzii, în toate direcţiile, circa 5 minute. Se acordă o deosebită atenţie părţii concave a oglinzii, care va fi argintată. Se freacă apăsînd cu prudenţă pînă începe să se audă un scîrţiit caracteristic. Se spală apoi oglinda sub un curent de apă. Nu se mai atinge oglinda cu degetele. De altfel, ca măsură de protecţie, este bine să se lucreze cu mănuşi de cauciuc şi cu ochelari contra stropilor, în cazul unei posibile explozii (dacă se lucrează încet la temperatură prea mare). Se stropeşte apoi oglinda cu amoniac şi se freacă cu un tampon de vată curată. Se spală apoi cu apă şi cu alcool şi din nou cu apă distilată. În poziţie verticală, dacă oglinda este perfect curată, pe ea va adera o peliculă subţire şi continuă de apă — un film de apă. Dacă însă apa se adună în picături, avem dovada că oglinda nu e suficient de curată şi atunci reluăm întreaga operaţie de la acidul azotic fumans, spălînd din nou bine oglinda. Uneori este necesar să repetăm operaţia de cîteva ori. Cînd filmul de apă aderă uniform pe suprafaţa concavă a oglinzii, o introducem într-un vas cu apă distilată şi trecem la prepararea soluţiilor necesare argintării.

Într-un vas de un sfert de litru, perfect curat, introducem 150 mililitri de apă distilată şi 5 g azotat de argint şi amestecăm cu o baghetă pînă se dizolvă complet. Aceasta este soluţia A. În alt vas curat, de aceeaşi capacitate, dizolvăm 5 g de hidroxid de potasiu (3 g de hidroxid de sodiu) în 150 ml apă distilată. Aceasta este soluţia B. În al treilea vas, se dizolvă 10 g de glucoză pură în 200 ml de apă dis-

tilată. Aceasta este soluția C, care nu este otrăvitoare. Soluțiile A și B sînt otrăvitoare. Avînd soluțiile preparate, trecem la combinarea lor. Într-un vas de 500 ml se varsă 130 ml din soluția A. Peste aceasta se picură cu atenție amoniac. Inițial se va forma un precipitat brun de oxid de argint. Se amestecă tot timpul cu o baghetă. Se picură în continuare amoniac pînă soluția devine din nou limpede. Este bine însă să mai rămînă urme de suspensie în soluție, ca un ceai fin. De aceea mai picurăm azotat de argint. Dacă se tulbură prea tare, mai picurăm amoniac. Așa, prin tatonări, obținem aspectul de infuzie. Este bine ca ultima picătură să fie din soluția A.

Soluția B se varsă apoi peste soluția preparată înainte, cu amoniac, amestecîndu-se încontinuu. Se obține un nou precipitat de culoare cafenie-închis. Și acest precipitat se dizolvă prin picurare de amoniac agitînd mereu cu o baghetă. Din nou, dacă soluția devine prea limpede, mai picurăm din soluția A. Și aici trebuie obținut aspectul unui ceai fin. Soluția aceasta nu se poate păstra mult timp, căci riscă să facă explozie. Cîteva cuvinte despre modul de argintare: se poate așeza oglinda atît cu concavitatea în sus, cît și cu concavitatea în jos. Acest din urmă procedeu este mai recomandabil, deoarece precipitatul abundent format în timpul argintării nu mai aderă la suprafața activă a oglinzii, de pe care se îndepărtează cu dificultate și cu riscul deteriorării stratului proaspăt de argint depus.

Pentru operația de argintare recomandăm cu insistență folosirea taselor fotografice din material plastic, care au o serie de avantaje: sînt destul de încăpătoare pentru a putea fi folosite la oglinzi de diferite mărimi și au pe fund ridicături longitudinale care permit menținerea oglinzii la o oarecare depărtare de fund, astfel că argintarea oglinzii cu fața în jos nu întîmpină nici-o dificultate.

Deci scoatem oglinda din vasul cu apă distilată ținînd-o numai de margine și o introducem cu fața în jos într-o tasă foto de mărime corespunzătoare (de ex. 18/24 cm) foarte curată. Și acum ATENȚIE! Operația trebuie executată destul de repede. E bine să se lucreze cu un ajutor. Se toarnă simultan soluția amoniacală preparată înainte și soluția de glucoză (soluția C). Amestecul se tulbură imediat, semn că începe argintarea. Tasa trebuie agitată tot timpul pentru a înlesni amestecarea și pentru a scoate eventual bulele de aer rămase în concavitatea oglinzii, precum și pentru a împiedica formarea, la suprafața soluției, de insule negre de azidă de argint, care este explozibilă. Pericolul de explozie este probabil mai ales la temperaturi de peste 25°C. La temperaturi sub 18 grade, argintarea merge foarte încet, iar stratul de argint depus este subțire și transparent. La temperatura de peste 22 grade argintarea se termină în 3—5 minute. Se consideră argintarea terminată cînd soluția începe să se limpezească, iar la suprafață apar insule lucitoare de praf de argint. Scoțînd oglinda din soluția limpezită, verificăm stratul depus controlînd transparența. Stratul de argint trebuie să fie opac, prin el neputîndu-se vedea nimic. Privind la un bec, se poate vedea doar filamentul, ca un fir subțire, albăstrui. Dacă prin stratul de argint se văd și alte obiecte, stratul depus este prea subțire și operația trebuie repetată. Se păstrează iar oglinda sub un strat de apă distilată pînă se prepară alte soluții (este bine ca dinainte să avem chimicale în cantități cel puțin duble) și operația se repetă.

Odată cu argintarea oglinzii principale în aceeași baie poate fi argintată și oglinda secundară, dacă a

fost curățată în prealabil în mod analog. După reușirea argintării se spală oglinda cu un jet de apă curată, se așază apoi în poziție verticală pentru a se usca. În primele 24 de ore, stratul de argint nu se atinge cu nimic. Precipitatul format în urma argintării și rămas în vas poate exploda dacă nu este diluat și aruncat, operații pe care trebuie să nu întîrziem de a le face. Dacă în timpul argintării temperatura este destul de ridicată — în jur de 25 grade — deși stratul de argint depus va fi mai gros și va adera mai bine la oglindă, este mai probabil să se formeze un voal mat-albicios. Acest voal poate apărea și din cauza impurității substanțelor sau al apei insuficient distilate. El poate fi totuși înlăturat printr-o ușoară polizare cu un ghemotoc de vată, dar numai cînd stratul de argint depus a devenit suficient de rezistent. Pentru argintarea unei oglinzi mai mari se ține seama de suprafața acesteia; cantitățile de substanță folosite sînt proporționale cu suprafața oglinzilor.

Stratul de argint care alcătuiește oglinda reflectă circa 90% din lumina incidentă numai la început, cînd este proaspăt. Cu timpul, sub acțiunea agenților atmosferici, și îndeosebi a compușilor sulfului, stratul de argint se alterează și își micșorează coeficientul de reflexie. De aceea, oglinzile trebuie reargintate la intervale de cîteva luni. Pentru a mări cît mai mult acest interval este bine ca atunci cînd nu se fac observații oglinda să fie acoperită cu un capac. Sub acest capac se prind mai multe hîrtii de filtru îmbibate cu o soluție saturată de acetat de plumb, uscate. Această substanță (foarte otrăvitoare) absoarbe gazele nocive din atmosferă, prelungind astfel viața oglinzii.

4.9. Realizarea oglinzii secundare

Am văzut în paragrafele anterioare că un telescop se compune din două oglinzi și un ocular, precum și din partea mecanică. Despre oglinda secundară, care are rolul, în sistemul Newton, de a scoate fasciculul de raze în afara tubului instrumentului, printr-o deviere a acestuia cu 90°, vom trata foarte pe scurt. Este foarte bine dacă dispunem de o prismă dreaptă și isoscelă, cu reflexie totală, ca acelea folosite la binoclurile cu prisme. Muchia acestei prisme să fie de cel puțin 2 cm. Această prismă se montează cu una din catete spre oglinda concavă și cu cealaltă spre o parte a tubului telescopului unde montăm ocularul. În cazul în care nu dispunem de o asemenea prismă, lucrurile se complică simțitor. Este necesar să realizăm o mică oglindă plană, pe care o vom monta sub un unghi de 45° față de axul obiectivului. Sticla din care facem această oglindă trebuie să fie optic plană. O asemenea sticlă se găsește destul de greu de-a gata. Ea poate fi verificată cu sticle plane făcute de fabrică, așa-numitele sticle plan-paralele, care se găsesc în laboratoarele metrologice ale întreprinderilor. Calitatea sticlelor se mai poate verifica și prin metoda Foucault. Dacă imaginea dată de o oglindă sferică nu este alterată, sticla auxiliară este plană. Șlefuirea unei oglinzi plane este destul de dificilă. În principiu se procedează astfel. Se aleg 4 discuri de sticlă de dimensiuni corespunzătoare, pe care le notăm cu A, B, C, P. Se șlefuiesc cu șmirghel fin, de la șmirghelul de 10 minute în sus, în modul următor: discul A și B, timp de 5 minute A pe B, iar apoi alte 5 minute B pe A, după care A pe C 5 minute, iar apoi C pe A alte 5 minute și, în fine, B pe C 5 minute și C pe B alte 5 minute. Apoi, ciclul se repetă. După șlefuirea circa

30 minute cu fracțiunea 10^m, o oră cu fracțiunea 30^m și alte 2 ore cu fracțiunea de 120^m trecem la polizare. Pe discul P confecționăm un mic polizor, avînd careuri cu latura de 1 cm, aceleași reguli rămînînd valabile (polizorul asimetric). Polizăm fiecare disc peste polizor, iar apoi fiecare disc este polizat alte 5 minute cu polizorul deasupra. După aceea se reia tot ciclul. Cursele vor fi centrate, cu lungimea de 1/8 din diametrul discurilor. După ce discurile devin suficient de lucioase (1—2 ore) putem trece la verificarea lor. Dacă suprapunem două suprafețe plane una peste alta trebuie să apară franje de interferență drepte, echidistante, așa-numitele franje de egală grosime. Dacă una din suprafețe sau amîndouă sînt concave sau convexe, franjele vor apărea curbe. Dacă printr-o presare franjele se deplasează cu concavitatea înainte, suprafețele sînt concave, iar dacă se deplasează cu convexitatea înainte, sînt convexe. Mărimea concavității sau convexității relative se măsoară în modul următor: o riglă mică și ușoară se pune fără presiune pe discul superior, prin care se văd franjele de interferență, astfel ca ea să unească capetele unei franje ce ajung cam la mijlocul discului (vezi figura 14). Dacă în centru rigla este tangentă la franja următoare, înseamnă că săgeata curburii unei franje este tocmai o interfranjă și în consecință curbura reciprocă dintre discuri este de $\lambda/2$, unde λ este lungimea de undă a luminii. Dacă săgeata este egală cu jumătate de interfranjă, curbura reciprocă este de $\lambda/4$ și așa mai departe. Procedînd astfel cu fiecare pereche de discuri se obține un sistem de ecuații care rezolvat ne dă curbura absolută a fiecărui disc. Discul a cărui curbură este 0 este plan și ne va folosi la confecționarea oglinzii plane. Exemplul următor este edificator. Cele trei discuri, notate cu A, B și C, au curburile reciproce:

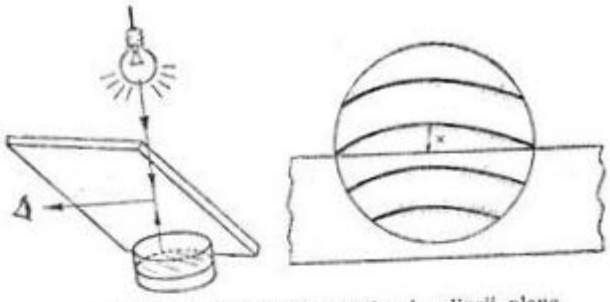

Fig. 14. Controlul interferometric al oglinzii plane.

$A + B = -1$; $A + C = -2$; $B + C = +1$. Rezolvat acest sistem dă: $A = -2$; $B = +1$; $C = 0$, deci prima suprafață este concavă, a doua este puțin convexă, iar a treia este plană. Aceasta va servi la executarea oglinzii plane. Cînd calculăm dimensiunile viitoarei oglinzi plane trebuie avut în vedere că ea va scoate fasciculul de raze în afara tubului telescopului cu cca 5 cm. Dacă notăm cu a și b latura mare și latura mică a oglinzii plane, presupusă dreptunghiulară (în cazul oglinzii eliptice, a și b reprezintă axele elipsei), cu F distanța focală a obiectivului, cu D diametrul său, iar cu d dimensiunea liniară a cîmpului și cu r distanța de la centrul oglinzii plane la focarul obiectivului, dimensiunea mică b a oglinzii secundare este dată de relația:

$$b = d + \frac{r(D - d)}{F} \qquad (25)$$

iar dimensiunea mare, a:

$$a = b\sqrt{2} \qquad (26)$$

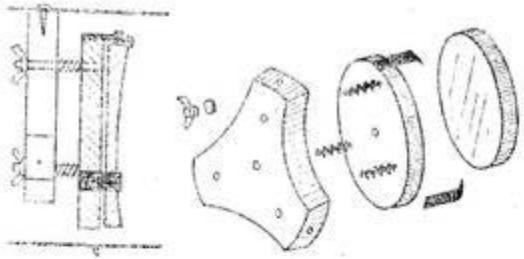

Fig. 15. Montura oglinzii principale (barilletul).

4.10. Centrarea optică

Prin centrare optică înțelegem reglarea fină a înclinării celor două oglinzi astfel ca întreg sistemul optic, incluzînd și ocularul, să aibă un ax optic comun. Centrarea se face în modul următor. Privim prin tubul port ocular (fără ocular) în oglinda mică, pe care o reglăm astfel încît în ea să se vadă oglinda mare în întregime. Pentru ca acest reglaj să se poată face este necesar ca oglinda mică (sau prisma cu

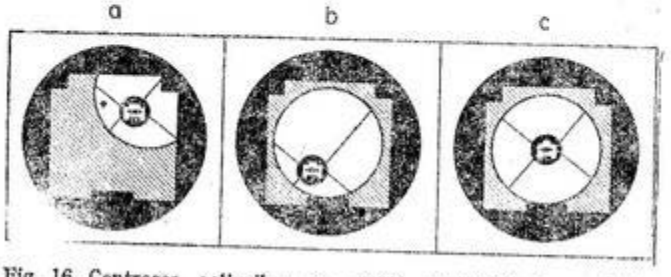

Fig. 16. Centrarea oglinzilor: a — total necentrat; b — oglinda secundară centrată; c — și oglinda principală centrată.

reflexie totală) să se poată mișca în jurul a două axe. Cel mai bine este să montăm ambele oglinzi pe cîte un sistem cu trei șuruburi de reglaj. Dacă am reușit să vedem în oglinda mică toată oglinda mare trecem la reglarea acesteia cu cele trei șuruburi de reglaj din montura ei specială, care se numește barillet. Rotim pe rînd șuruburile pînă ce în oglinda mare va apărea imaginea oglinzii mici cu imaginea ochiului în centru. Cînd toate imaginile sînt concentrice (oglinda mare se vede în centrul oglinzii mici; în centrul oglinzii mari se vede imaginea oglinzii mici cu imaginea ochiului în centru) atunci sistemul este centrat. Ultimele retușuri ale centrării se fac pe stele care trebuie să prezinte imagini cît mai mici, fără cozi, iar la defocalizare, perfect circulare.

4.11. Montura telescopului reflector

În cele ce urmează nu dăm amănunte constructive pentru părțile mecanice ale telescopului, ci ne vom ocupa de sistemul care poartă întreg telescopul finisat, parte optică și parte mecanică, sistem numit montura telescopului. Montura permite să îndreptăm telescopul spre orice parte a bolții înstelate. Pentru aceasta, montura are două axe de rotație, perpendiculare între ele, care asigură instrumentului două grade de libertate. Dacă una din axe este verticală, montura se numește azimutală. Cu un model de asemenea montură ne-am întîlnit cînd am descris luneta astronomului amator. Și telescoapele mai mari pot avea asemenea monturi.

Mai des întîlnite la instrumentele ceva mai pretențioase sînt monturile ecuatoriale sau paralactice. La acestea, axa verticală este înclinată față de ori-

zont, astfel încît devine paralelă cu axa lumii. Aceasta este axa polară. Montura ecuatorială permite urmărirea mișcării unui astru printr-o rotație uniformă în jurul unei singure axe. Se cunosc trei tipuri de monturi paralactice. Telescopul tînărului C. W. Tombaugh are o montură paralactică de tip german, cu coloană unică și contragreutate pe axa de declinație. Uneori, pentru instrumentele mai masive, sau cînd se urmărește o stabilitate mai mare, se utilizează montura engleză, care are două coloane de sprijin la capetele axei polare. Din ce în ce mai mult ia amploare așa-numita montură „în furcă", sau „americană", care nu mai necesită contragreutate. Cele mai mari telescoape din lume au monturi „americane". Și amatorii utilizează cu succes asemenea monturi.

După realizarea unei monturi ecuatoriale corespunzătoare, înzestrată cu cercuri gradate pe ambele axe, cu frînă, cu dispozitiv de mișcare fină pe axa de declinație și cu un dispozitiv de antrenare pe axa orară, cu o viteză de 360° în 24 ore, trebuie să asigurăm întregii monturi o orientare precisă în spațiu, astfel ca astrul urmărit să nu părăsească reticulul la o funcționare corectă a antrenării pe axa orară. Pentru aceasta, montura trebuie să poată fi reglată fin atît în azimut, cît și în înălțime, prin reglarea unor șuruburi corespunzătoare.

Reglarea în azimut se realizează astfel: se observă o stea în apropierea meridianului cu orologeria oprită. Dacă steaua se mișcă pe firul paralel cu paralelul ceresc, pe tot cîmpul ocularului, axa se află în planul meridian și nu avem de făcut nici-o corecție (a). Dacă steaua se deplasează în sus (b), coloana verticală a monturii trebuie rotită în sens invers ceasului

(capul nordic al axei polare să fie îndreptat spre vest). Mișcarea se face foarte fin, după care se urmărește din nou steaua în apropierea meridianului. Prin tatonări se poate obține poziția corectă. Dacă steaua se deplasează în jos (c), coloana se rotește în sensul ceasului. Reglarea în înălțime se face astfel: se observă o stea la primul vertical, în apropierea orizontului. Dacă observăm spre vest avem, în cazul (a), instrumentul bine instalat, în cazul (b) se micșorează unghiul axei polare cu orizontul, iar în cazul (c) se mărește unghiul respectiv. Tot prin tatonări se poate obține orientarea corectă. La observația la est, corecțiile se inversează.

4.12. Lucrul la telescop

Telescopul reflector realizat de astronomul amator cu propriile mîini, prin investirea unei mari cantități de muncă și timp, este un instrument valoros, dar care se supune caracteristicilor generale ale unor asemenea aparate de precizie. De aceea, amatorul trebuie să îngrijească reflectorul ferindu-l de șocuri, ce pot duce la descentrarea sistemului optic sau chiar la spargerea vreunei piese optice — de obicei oglinda principală. De asemenea, oglinzile trebuie, pe cît posibil, ferite de gazele nocive din atmosferă, folosind capace speciale imbibate cu soluție de acetat de plumb. Suprafețele active ale oglinzilor nu se ating cu degetele, iar aureala rezultată din cauza diferențelor de temperatură nu se șterge, ci se lasă să dispară de la sine. Eventualul praf depus pe oglindă în timpul observațiilor (în restul timpului ambele oglinzi vor fi acoperite cu capace etanșe)

nu se șterge cu o pînză, ci întîi se suflă cu o pară de cauciuc uscată și apoi se îndepărtează restul cu o vată curată și fără apăsare. Înaintea unei ședințe de observare, telescopul se scoate cam cu vreo oră mai devreme, pentru a lua temperatura mediului ambiant. Dacă telescopul nu e transportabil, ci e montat într-un pavilion, se deschide capacul lui sau trapa cupolei cu aproximativ o oră înainte de începerea observațiilor. Nu se dă telescopul pe mîini străine, fără un instructaj prealabil.

În general, un observator astronomic este o construcție dotată cu o clădire specială, avînd terase de observație și pavilioane cu cupole turnante care adăpostesc cîte un instrument astronomic. În incinta observatorului se mai află camere pentru bibliotecă, birouri, un atelier mecanic și laboratorul foto. De obicei, astronomii amatori nu dispun de asemenea observatoare. Destul de rar, cîte un amator mai înzestrat poate să-și construiască o cameră lîngă care ridică o cupolă turnantă, de mică dimensiune, ce adăpostește un instrument — de regulă reflector — avînd un diametru de 30—40 cm. De cele mai multe ori aparatul este plasat în aer liber, pe un pilastru de beton sau pe un trepied solid. Noi recomandăm totuși realizarea unui pavilion din scînduri, placaj sau tablă, de formă paralelipipedică sau cilindrică și avînd acoperișul mobil. Acest pavilion permite instalarea aparatului cu mare precizie — ceea ce nu se poate face la instrumentele mobile din economie de timp — și apără bine instrumentul de intemperii. În cazul adoptării variantei paralelipipedice, întreg acoperișul se mișcă lateral prin glisare, descoperind cerul deasupra instrumentului. La varianta cilindrică, care este mai elegantă, se poate adopta un acoperiș turnant, tot de formă cilindrică (turelă) sau de formă semisferică (cupolă). În acest capac turnant se practică o fantă de 50—100 cm lățime, care se poate acoperi cu un capac glisant lateral. Această trapă, ce se poate îndrepta spre orice azimut, permite efectuarea observațiilor peste zenit, circa 10—20°. Nu dăm detalii de construcție, ele putînd fi imaginate de fiecare amator în parte, după posibilitățile și ingeniozitatea sa. Menționăm că cel mai mare telescop reflector realizat de amatorii moderni funcționează de mai bine de 10 ani în R. S. Cehoslovacia, el avînd un diametru de un metru. Curent în practica amatorilor se întîlnesc reflectoare cu diametre între 50 și 75 cm.

Observatorul este bine să fie plasat în afara zonelor dens populate, departe de blocuri și întreprinderi industriale, departe de arterele intens circulate etc. Cel mai bine este să fie plasat pe o înălțime acoperită de un spațiu verde, eventual cu o mică pădure împrejur. Dacă amatorul locuiește la oraș își va amplasa observatorul la periferie, în sudul orașului. Este bine ca amatorul să cunoască coordonatele observatorului său. Dacă locuiește la oraș le poate lua de pe o hartă la scară mare. Dacă localitatea sa nu este trecută pe hartă trebuie să-și determine singur coordonatele. Latitudinea se obține observînd stele cu declinație cunoscută la meridian. Cît mai multe determinări duc la un rezultat mai sigur. Folosind un teodolit bun, se poate obține latitudinea locului cu o eroare mai mică de un minut, care corespunde pe pămînt la circa 1 851 m. La această precizie se poate ajunge și cu instrumente de construcție proprie. Pentru metodele de determinare a coordonatelor recomandăm „*Astronomia geodezică*“ de I. Stamatin, cît și alte lucrări de astronomie practică accesibile amatorilor.

Capitolul 5

FOTOGRAFIA ASTRONOMICĂ

5.1. Generalităţi

Fotografia a pătruns în practica astronomică la puţin timp după punerea la punct a tehnicilor fotografice propriu-zise. Astfel, prima fotografie a Lunii a fost obţinută de Arago în anul 1842, iar Bond realizează prima fotografie stelară în 1850. În secolul care a trecut tehnica fotografică a progresat atît de mult, încît a devenit un instrument de lucru în mai toate domeniile. În astronomie aproape a înlocuit complet metodele vizuale. Această proliferare a metodei fotografice se datoreşte şi caracteristicilor fundamentale ale fotografiei, care sînt: caracterul *momentan*, putîndu-se fotografia fenomene de scurtă durată; caracterul *documentar*, fotografia obţinută (în astronomie mai ales negativul) putînd fi păstrată pentru comparaţii şi studii ulterioare, ca un veritabil document; în fine, caracterul *integral*, acţiunea luminii asupra materialului fotosensibil putîndu-se cumula, astfel că folosind acelaşi obiectiv se pot fotografia, de obicei, aştri mai slabi decît aceia care se pot vedea direct prin acel instrument.

În acest capitol vom da unele indicaţii cu privire la practica fotografiei astronomice, accesibile amatorilor.

5.2. Astrografe cu lungă distanţă focală

După cum ştim un obiectiv formează în focar imaginea obiectelor situate la infinit. Această imagine nu numai că poate fi observată cu un ocular, dar poate fi şi prinsă pe o placă fotografică, dacă dispozitivul este amenajat în acest scop. Un asemenea dispozitiv se numeşte astrograf. Cu cît va fi mai mare distanţa focală a acestuia, cu atît va fi mai mare scara fotografiei şi mai mic cîmpul cuprins, pentru un anumit format al plăcii fotografice. În practica amatorilor, vom denumi astrografele cu distanţa focală de peste 1 m astrografe cu lungă distanţă focală. Ele sînt indicate pentru fotografierea Soarelui, a Lunii, a planetelor mari, a îngrămădirilor stelare şi a nebuloaselor. Cîmpul acestor instrumente este redus la cîteva grade, sau chiar mai puţin. Întrucît cu excepţia Soarelui, şi a Lunii în unele cazuri, imaginea este foarte puţin luminoasă, se impune o expunere lungă, care poate ajunge la cîteva ore. De aceea, montura ecuatorială trebuie să fie bine orientată, iar ghidarea să se facă cu un ghid care asigură un grosisment egal cu cel puţin distanţa focală a astrografului, exprimată în cm.

5.3. Astrografe cu scurtă distanţă focală

Astrografele cu distanţă focală pînă la 25 cm le vom denumi astrografe cu scurtă distanţă focală. Ele se pretează la fotografierea integrală a constelaţiilor, la fotografierea meteorilor şi sateliţilor artificiali, a luminii zodiacale, iar uneori şi la fotografierea cometelor şi stelelor variabile. Pentru comete şi stele variabile ar fi mai indicate astrografele „medii", cu distanţa focală în jur de 50 cm. Problema

ridicată de ghidajul unor asemenea astrografe este mai puțin dificilă, dar montura paralactică se impune cu necesitate și în acest caz. În general, obiectivele acestor astrografe sînt sisteme de lentile. La astrografele medii e bine să folosim obiective cît mai mari, de la aparatele de studio, cu burduf. Oglinzile de telescop pot fi folosite ca astrograf, dar cu unele precauții, mai ales în ceea ce privește cîmpul, care este foarte limitat, rareori depășind cîteva grade. Dăm în continuare cîteva formule utile, referitoare la astrografe și la astrofotografie.

Pentru un obiectiv cu diametrul D (în mm), diametrul *cercului de minimă difuzie* este dat de relația:

$$2\rho = 7{,}8\,\frac{D}{\forall^2}\ [\mu] \qquad (27)$$

în care ρ este raza cercului de minimă difuzie și $\forall = F/D$.

Cum puterea separatoare a fotomaterialelor este de obicei de 30 microni nu are sens să căutăm ca astrograful să aibă o calitate superioară (diametrul cercului de minimă difuzie să fie cu mult mai mic de această valoare, dată de materialul fotosensibil). De aceea, dacă punem $2\rho = 30\mu$ avem:

$$\forall_{min} = 0{,}51\sqrt{D} \qquad (28)$$

Dacă punem $2\rho = 0{,}1$mm (la materialele foarte sensibile) avem:

$$\forall_{min} = 0{,}28\sqrt{D} \qquad (29)$$

Dacă folosim o diafragmă, D din formulele de mai sus va fi diametrul diafragmei și nu al deschiderii libere a obiectivului (oglinzii). Formulele 28 și 29 ne dau în cazul unui D dat distanța focală a unei

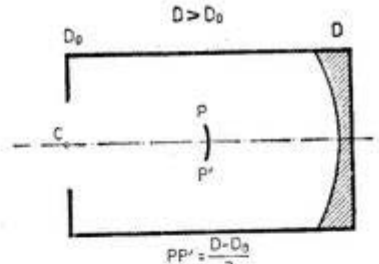

Fig. 17. Astrograf cu diafragma în centrul de curbură.

oglinzi care ne permite să obținem o imagine corespunzătoare. Dacă oglinda este sferică, este necesar să plasăm în centrul ei de curbură o diafragmă de diametru D_0, care intră în calcul în formulele citate. Diametrul oglinzii D va fi mai mare. Este și cazul telescopului fotografic sistem Schmidt, numai că aici placa corectoare este înlocuită cu diafragma. Mărimea liniară a cîmpului unui asemenea astrograf este:

$$2l = \frac{D - D_0}{2} \qquad (30)$$

Diametrul unghiular este dat de relația:

$$2\omega = 28{,}65\,\frac{D - D_0}{2}\ \text{(grade)} \qquad (31)$$

Scara fotografiei la orice astrograf este $s = 206\,264{,}8/F$, în secunde pe unghi pe milimetru. Dimensiunea liniară a unui obiect cu dimensiunea unghiulară U este dată de relația:

$$l = U/s\ \text{(mm)} \qquad (32)$$

Puterea de rezoluție R a obiectivului este:

$$R = 3\,100/F + 113/D \text{ (secunde de unghi)} \quad (33)$$

Mărimea stelară limită, în cazul fotografierii cu o expunere de t secunde, pe un material cu o sensibilitate de N unități GOST, cu un obiectiv cu diametrul D în mm, este dată de relația:

$$m = 2{,}5 \lg t + 2{,}5 \lg N + 5 \lg D + C \quad (34)$$

Să nu se creadă că mărind timpul se poate mări și magnitudinea fără limită. Pentru un anume obiectiv, cu un F/D dat, există un t limită, după care începe să apară voalul, iar stelele slabe să dispară. La un $t = 20$ minute, magnitudinea fotografică maximă este egală cu mărimea stelară vizibilă cu acel instrument. Dacă, spre deosebire de formula 34, exprimăm timpul t în minute, timpul maxim la o sensibilitate de 90 GOST este dat de relația:

$$\lg t = 0{,}6 + 2{,}325 \lg \forall \quad (35)$$

Tabelele din anexă dau cîteva valori utile.

5.4. Fotografierea Soarelui, Lunii și planetelor

Ceea ce interesează în acest gen de fotografii este marea luminozitate și bogăția în detalii a obiectelor cerești respective. De aceea ele se fotografiază cu astrografe cu lungă distanță focală, pe materiale nu prea sensibile, dar cu granulație destul de fină, și cu expuneri nu prea lungi. La Soare se folosesc expuneri de ordinul sutimilor și miimilor de secundă, în timp ce la Lună și planete se pot folosi sferturi

și jumătăți de secundă. Expuneri mai lungi nu sînt indicate, deoarece turbulența atmosferei strică claritatea imaginii.

5.5. Fotografierea stelelor

Stelele sînt, în general, obiecte cerești puțin strălucitoare, fapt pentru care, și cînd folosim materiale fotografice de mare sensibilitate, sînt necesare expuneri îndelungate, unde montura paralactică este strict necesară. La fotografierea grupelor mici de stele se pot utiliza astrografe de lungă distanță focală, chiar reflectoarele, iar la fotografierea constelațiilor, camerele cu distanța focală mică. Se pot folosi materiale fotografice de mare sensibilitate, cu o granulație nu prea fină, neexistînd detalii.

5.6. Fotografierea cometelor și nebuloaselor

Asocierea acestor categorii de obiecte cosmice atît de diferite ar putea părea, la prima vedere, curioasă. Dar toate acestea au o caracteristică comună: sînt surse slabe de lumină avînd o suprafață relativ mare (aparent). De aceea, metodele de fotografiere a lor sînt înrudite. Sînt necesare astrografe cu o mare putere luminoasă, deci cu raportul D/F cît mai mare. La fotografierea luminii zodiacale pot fi folosite aparatele fotografice de format mic, dar la comete și nebuloase, obiecte cu dimensiuni mai mici, dar cu detalii, sînt necesare astrografe medii, cu distanța focală în jur de 50 cm. Folosirea unor distanțe focale mai mari necesită obiective mari și timpi lungi de expunere, ceea ce ridică în fața amatorului unele probleme dificile.

5.7. Fotografierea meteorilor și sateliților artificiali

Fotografierea meteorilor este destul de dificilă, de aceea amatorul trebuie să dea dovadă de mare abilitate, stăruință și răbdare. Sînt necesare uneori sute de ore de expunere pentru a obține fotografia unui meteor. Pentru această întreprindere sînt necesare aparate fotografice foarte luminoase, de scurtă distanță focală. Materialele fotografice trebuie să fie din cele mai sensibile. Cerințele impuse fotografierii sateliților artificiali sînt mai puțin riguroase, succesul putînd fi mai rapid.

5.8. Fotografierea planetelor mici

Planetele mici, planetoizii sau asteroizii prezintă, ca și stelele, imagini punctiforme, așa că cele expuse mai sus rămîn valabile și pentru acest caz. Trebuie să mai avem în vedere că aceste mici obiecte se deplasează lent față de stele, deci formula indicată nu mai poate fi folosită. Este necesar să antrenăm instrumentul în sensul deplasării asteroidului cu o mișcare unghiulară care se poate calcula, dar, pentru amator, întregul procedeu este destul de greu de realizat. De obicei, în aceste cazuri se antrenează după stele, iar asteroidul apare ca o mică liniuță. Dacă însă expunerea este relativ scurtă, liniuța trasată de asteroid este mică și de multe ori doar cu greu se deosebește de imaginile punctiforme ale stelelor. Deoarece la o expunere mai lungă, pentru a identifica asteroidul, stelele ar ieși supraexpuse, s-a preconizat de a se face două expuneri pe același clișeu, la un interval de timp, deplasînd puțin instrumentul în declinație între ele, astfel încît toate imaginile vor apărea duble, dar a asteroidului se va abate evident de la aspectul celorlalte.

5.9. Fotografierea în culori a corpurilor cerești

Problema fotografierii în culori a astrelor este foarte pasionantă, dar nu poate fi atacată decît de aceia care posedă perfect tehnica fotografiei în culori. În cele ce urmează vom da numai cîteva indicații generale, care să permită amatorului să realizeze unele performanțe deosebite. De obicei la acest gen de fotografii se folosește un film negativ color, de pe care apoi se vor face copii pozitive. Filmul color nu are însă o sensibilitate prea mare, din care cauză ar fi necesare expuneri prea lungi. De aceea s-a imaginat, în ultima vreme, o metodă care permite înlăturarea negativului color.

Se procedează în modul următor: se fotografiază obiectul respectiv pe un film superpancromatic foarte sensibil (27 grade DIN), de 3 ori succesiv, cu filtru roșu, galben și albastru. Se obțin astfel trei negative alb-negru. Cu acestea se va realiza copia pe o hîrtie color, proiectînd succesiv cele trei imagini negative prin aceleași filtre cu care au fost obținute. În acest sistem, o problemă este legată de coincidența perfectă a celor trei proiecții, care se poate realiza cu ajutorul unor detalii fine ale imaginii, a căror poziție este însemnată într-un mod oarecare. Acest gen de fotografii se pretează în mod deosebit pentru nebuloase amorfe sau planetare, care, fiind foarte puțin luminoase, la observarea cu ochiul nu prezintă diferențe de culoare.

5.10. Prelucrarea fotografiilor astronomice

Prelucrarea fotografiilor astronomice nu se deosebeşte cu nimic de prelucrarea fotografiilor obişnuite, de aceea vom îndruma pe astronomul amator începător către bogata literatură destinată fotografilor amatori.

Capitolul 6

INSTRUMENTE ŞI DISPOZITIVE AUXILIARE

Telescopul astfel realizat este foarte bun pentru observaţii demonstrative, didactice, pentru studiul calitativ al diverselor fenomene şi corpuri cereşti şi chiar pentru unele determinări cantitative, cum ar fi cazul observaţiilor de stele variabile (v. 7.4.). Mult mai multe determinări cantitative pot fi făcute dacă împreună cu instrumentul de bază vom utiliza unele mici aparate auxiliare şi nu prea greu de realizat. O parte din acestea vom descrie în cele ce urmează.

6.1. Filtrul helioscopic (solar) polarizant

Dacă la observarea majorităţii corpurilor cereşti avem nevoie de foarte multă lumină, pentru care mărim tot mai mult diametrele instrumentelor, în cazul Soarelui trebuinţa este în sens invers: cantitatea de lumină fiind prea mare sînt necesare metode pentru a o diminua. O metodă ar fi de a utiliza

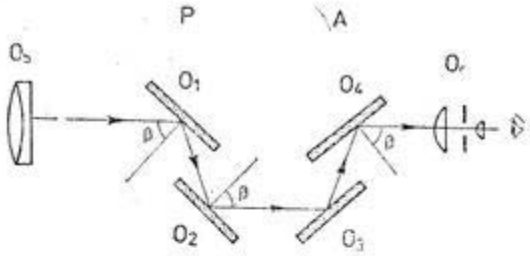

Fig. 18. Filtru solar polarizant.

un reflector nu prea mare cu oglinzile neargintate. Se poate observa astfel o imagine a Soarelui diminuată ca luminozitate dar în culori naturale. Dacă totuşi lumina este prea puternică putem adopta un filtru polarizant format din 4 oglinzi plane, situate la unghiul de incidenţă Brewsteriană, care în cazul sticlei obişnuite este de circa 57 grade. Primele două oglinzi joacă rolul de polarizor, celelalte două, de analizor. Cînd toate oglinzile sînt paralele, transmitanţa este maximă. Rotind cele două oglinzi din apropierea ocularului (analizorul), astfel încît să mărim unghiul, transmitanţa va scădea foarte mult, astfel ca, atunci cînd oglinzile sînt perpendiculare, transmitanţa să fie practic nulă. Schema acestui simplu aparat ne scuteşte de orice alte comentarii.

6 2. Filtre de lumină colorate

Astronomul amator poate să-şi realizeze singur filtrele de lumină. Pentru aceasta se fac soluţii colorate în roşu, galben, verde şi albastru. La filtrele roşii se foloseşte *roşu Congo* (Kongo-rot), care se dizolvă în apă pînă la obţinerea unei culori închise, netransparente. Fucsina, deşi dă aceeaşi culoare ro-

şie, nu este bună deoarece lasă să treacă şi razele violete şi ultraviolete. Pentru filtrele galbene se foloseşte soluţie de auramină, metil galben sau tartrazină. La filtrele verzi folosim soluţii de verde anil sau verde de metil. Filtrul albastru se obţine cu soluţii de albastru de metil sau albastru de anil. Deoarece aceste filtre albastre lasă să treacă şi unele radiaţii roşii, este bine să combinăm un filtru albastru cu unul verde. În afară de soluţii folosim plăci fotografice neexpuse, developate, fixate şi uscate. Placa astfel obţinută, care este perfect transparentă, fără urme sau zgîrieturi în stratul de gelatină, se introduce în soluţia colorată respectivă, unde se lasă 15—30 minute. După uscarea plăcilor astfel colorate, transmisibilitatea lor se verifică cu ajutorul unui spectroscop. Dacă se constată, de exemplu, că filtrul roşu lasă să treacă şi radiaţii portocalii şi galbene, filtrul respectiv se mai ţine un timp în soluţia colorată, iar după uscare se repetă controlul la spectroscop. La fel se procedează şi cu celelalte filtre. După obţinerea transparenţei dorite se taie din placa fotografică colorată două bucăţi identice, pătrate sau circulare, cu dimensiunile convenabile, după care se lipesc una peste alta, ambele cu gelatina în interior. Lipirea se realizează pe margine cu bandă adezivă (scoci) transparentă, cît mai strîns posibil. În acest fel, filtrele sînt protejate contra zgîrieturilor şi a umezelii. Este bine să realizăm pentru fiecare culoare o gamă de transparenţe diferite.

6.3. Fotometre vizuale

Fotometrele sînt aparate auxiliare telescopului, care permit o evaluare cantitativă mai exactă asupra strălucirii corpurilor cereşti. Ochiul nu este capabil să aprecieze cu precizie raportul strălucirii a două surse. El poate însă aprecia cu destulă precizie egalitatea de strălucire a două surse punctiforme. Dacă sursele au o oarecare suprafaţă aparentă, egalitatea de strălucire se poate aprecia cu o precizie mai mare. Pe această proprietate a ochiului se bazează construcţia fotometrelor vizuale utilizate în astronomie. În toate acestea este realizată o stea artificială de strălucire reglabilă într-un mod cunoscut. În timpul observaţiei se egalează strălucirea stelei artificiale cu a stelei care se observă pe cer, ambele fiind vizibile simultan în acelaşi ocular. Fotometrele acestea diferă prin modul în care este obţinută variabilitatea stelei artificiale.

6.3.1. FOTOMETRUL CU „OCHI DE PISICĂ". Acest tip de fotometru, care se poate realiza în mai multe variante, a fost imaginat de astronomul francez André Danjon. Elementul cu care se realizează variabilitatea stelei artificiale este o diafragmă pătrată, a cărei suprafaţă poate fi reglată în proporţii cunoscute. Detaliile de construcţie se văd în figura 19. Sursa puternică de lumină — de preferinţă alimentată la baterii — iluminează uniform printr-un condensor un geam mat. După acest geam mat se aşează diafragma reglabilă tip „ochi de pisică". Un nou sistem optic transmite fluxul luminos iluminînd un mic orificiu (steaua artificială) şi concentrînd pe el lumina captată de la diafragma variabilă. Un al treilea sistem optic va da imaginea acestui orificiu în ocularul instrumentului de observaţie. Folosindu-se o lamă plan-paralelă la 45° în ocular se obţin de fapt două imagini ale stelei artificiale, puţin diferite ca strălucire, datorită reflexiei pe cele două feţe ale lamei plan-paralele. Lîngă ele, sau cel mai bine, între ele, se prinde imaginea stelei reale. Se variază diafragma „ochi de pisică" pînă ce una din

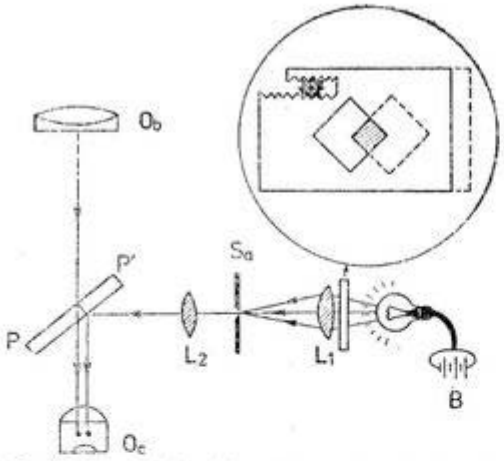

Fig. 19. Fotometru vizual (cu diafragmă „ochi de pisică").

cele două imagini ale stelei artificiale egalează în strălucire steaua naturală. Acum se citeşte o diviziune pe suportul care permite varierea diafragmei. Procedînd în acest fel cu mai multe stele de magnitudini cunoscute, se poate trasa o curbă de etalonare, în care pe abscisă notăm indicaţia citită pe scara fotometrului, iar pe ordonată magnitudinea stelei. Acest grafic realizat ne permite să determinăm magnitudinea oricărei stele pentru care putem citi indicaţia fotometrului la egalizarea strălucirilor.

6.3.2. FOTOMETRUL CU PANĂ OPTICĂ. Diferenţa dintre acesta şi fotometrul cu „ochi de pisică" constă doar în înlocuirea diafragmei „ochi de pisică" cu o diafragmă fixă, în faţa căreia alunecă o pană optică. O asemenea pană se compune, de fapt, din două pene, de formă prismatică, din care una

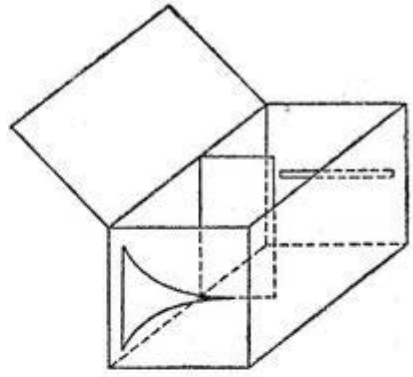

Fig. 20. Cutia lui King.

este din sticlă întunecată, absorbantă. Prin mişcarea ei în calea fluxului luminos vor fi, după dorinţă, straturi de grosime diferită care absorb lumina, în mod proporţional, controlat. O asemenea pană optică, în general, nu este accesibilă amatorului, însă el poate să facă una mai simplă, dar cu efect similar. Astfel, se construieşte o cutie de carton sau lemn, de formă paralelipipedică, înnegrită în interior. Lăţimea cutiei va fi ceva mai mare decît lungimea penei pe care dorim să o realizăm, în funcţie de mărimea plăcii fotografice disponibile. De obicei se folosesc formatele de 9/12 şi 6/9 cm. Cu bune rezultate se pot încerca şi plăci spectrale de format 6 sau 9/24 cm. Lungimea cutiei va fi egală cu dublul lăţimii. Înălţimea este egală aproximativ cu lăţimea. Deci, dacă folosim o placă de format 6/24 cm, cutia va avea 60 cm lungime, 30 cm lăţime şi circa 25 cm înălţime. Aceasta este cutia lui King. Pe una din fete se practică o deschidere dublu logaritmică, ca

în figura 20, iar pe fața opusă (este vorba de fețele aproximativ pătrate) o fantă îngustă, dreptunghiulară, de 1 cm lățime și cu lungimea egală cu a plăcii fotografice folosite, de 24 cm. La mijlocul cutiei se fixează un ecran care închide cutia pe jumătate. Dimensiunile acestui ecran vor fi deci 15/25 cm. Într-o cameră obscură se aplică caseta cu placa în fața fantei dreptunghiulare, iar pe deschizătura logaritmică se așează un geam mat, sau o foaie subțire și albă de hîrtie. Cu un bec se iluminează, uniform, un timp, deschiderea logaritmică, de la o distanță nu mai mică de 1 m. Deplasăm apoi caseta perpendicular pe fantă și facem o nouă expunere, cu un alt timp. Pe o placă de 6 cm lățime putem face circa 5 expuneri $\left(\text{de } \frac{1}{2}, 1, 2, 4, 8 \text{ secunde}\right)$. Developăm apoi placa, care la un capăt se va înnegri mai tare, pe cînd la celălalt nu. Alegem timpul de developare astfel încît la expunerea a treia (din mijloc) înnegrirea să se termine aproape de capătul mai puțin expus al plăcii. Cu un microfotometru se poate verifica liniaritatea înnegririi în lungul plăcii.

6.3.3. FOTOMETRUL POLARIZANT. În ansamblu, acest fotometru nu se deosebește de cele precedente decît prin sistemul care variază fluxul luminos ce formează imaginea stelei artificiale. Aici locul diafragmei „ochi de pisică" sau al penei optice este luat de un bloc polarizor-analizor, ca la filtrul solar polarizant. Deci 4 oglinzi plane, situate la unghiul de incidență Brewsteriană, dintre care două sînt mobile, putîndu-se roti în jurul axului optic. Citirile se fac aici pe un cerc gradat, care poate fi prevăzut și cu un vernier. Din motive de economie de spațiu, oglinzile trebuie să fie mici și apropiate.

6.4. Micrometrul filar

Acest aparat, a cărui descriere se găsește amplu tratată în lucrările de astrometrie, se compune dintr-un cadru mobil care antrenează niște fire reticulare, ce se deplasează astfel în raport cu alte fire fixe față de axul lunetei (sau telescopului). Deplasarea firelor mobile se realizează cu ajutorul unui șurub micrometric de precizie, cu un pas de circa 0,5 mm, iar lecturile se fac pe un tambur gradat. Cunoscînd scara imaginii în planul focal al instrumentului, se poate stabili la cîte unități unghiulare corespunde o diviziune de pe tambur. Apoi măsurătorile unghiulare se fac relativ simplu.

Pentru observarea stelelor duble este necesar ca întregul dispozitiv să se poată roti în jurul axului optic al instrumentului, unghiul putîndu-se citi pe un cerc exterior, gradat. În felul acesta la o stea dublă putem măsura atît distanța unghiulară dintre componente, cît și unghiul de poziție al stelei secundare (mai slabe) în raport cu steaua principală. Acest unghi se măsoară în sens invers ceasului, de la nord spre est.

6.5. Spectroscopul de protuberanțe

Protuberanțele nu se pot observa la bordul (limbul) discului solar din cauza luminii atmosferei terestre care le acoperă. Încă din secolul trecut s-a construit un dispozitiv care permite totuși observarea acestor formațiuni în afara eclipselor totale de Soare. Este vorba de un spectroscop cu o dispersie relativ mare, cu care se vizează limbul solar. Se proiectează marginea discului solar pe fanta de intrare a spectroscopului, care se lasă relativ largă.

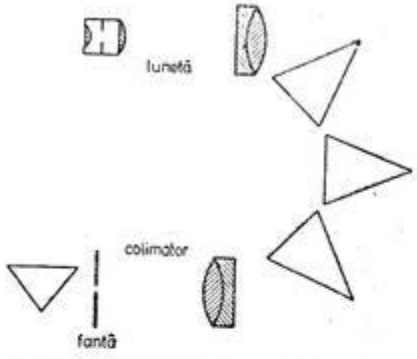

Fig. 21. Spectroscop de protuberanțe.

Observînd în ocularul spectroscopului liniile hidrogenului, cel mai bine linia H_α în domeniul roșu al spectrului, vom observa, în interiorul liniei întunecate de absorbție, conturul protuberanțelor, în acele zone ale limbului unde sînt asemenea formațiuni. Dacă se folosește ca dispozitiv dispersiv prisme, sînt necesare mai multe prisme montate în serie, sub unghiul de minimă deviație. Este bine să se aleagă o variantă constructivă de așa natură încît raza, după ce iese din aparat, să fie paralelă cu axa telescopului. Este bine dacă se poate realiza dispozitivul de cuplare la telescop de așa manieră încît, la o rotire în jurul axului, fanta de intrare să rămînă tot timpul tangentă la limbul solar. O soluție elegantă este folosirea unei prisme cu reflexie totală (gen prismă de binoclu) montată astfel înaintea fantei de intrare, încît ipotenuza să fie paralelă cu axa optică a instrumentului. O rotire de 180° a prismei în jurul acestei axe duce la o rotire cu 360° a imaginii Soarelui.

Fig. 22. Coronoscop.

6.6. Coronograful solar

Acest instrument permite și observarea atmosferei solare — coroana. După cum se vede din figură în interiorul instrumentului se produce o eclipsă artificială și totală de Soare. Piesele optice din care este construit un asemenea instrument trebuie să fie de cea mai bună calitate, fără zgîrieturi și bine centrate. Detalii constructive se găsesc în lucrarea *„Cerul, o carte pentru toți"* de M. Alexescu.

Menționăm că observarea coroanei solare cu un asemenea instrument este posibilă numai în locuri în care atmosfera este deosebit de pură, la munte, departe de surse de poluare naturală sau artificială.

Capitolul 7

PRACTICA OBSERVAȚIEI ASTRONOMICE

În mod foarte concis vom indica amatorului ce poate face cu instrumentele cu care s-a utilat.

7.1. Observarea Soarelui

Amatorul va avea o mare satisfacție efectuînd observații asupra Soarelui, care este în continuă schimbare. Cu observații vizuale sau fotografice va putea urmări evoluția activității solare, stabilind numărul relativ al petelor, determinînd coordonatele petelor și mișcările proprii ale acestora. Cu spectroscopul de protuberanțe va putea urmări aceste dinamice excrescențe ale globului solar, iar cu coronoscopul, acolo unde condițiile atmosferice o permit, va putea studia și coroana solară. Instructajul asupra modului de efectuare a observațiilor solare este amplu dezvoltat în cartea *„Soarele și observarea lui"* de V. V. Șaronov.

7.2. Observarea Lunii

Observarea Lunii este, de asemenea, foarte atractivă și se pretează mai ales scopurilor demonstrative, didactice. Detaliile se disting cel mai bine în zona terminatorului. Valoare științifică au observațiile asupra eclipselor de Lună și a luminii cenușii, care sînt influențate de activitatea solară.

7.3. Observarea suprafețelor planetare

Este un subiect mai dificil, pentru care se cer: un bun instrument, cu diametrul de minimum 15 cm, și o atmosferă cît mai calmă. La desenarea planetelor se folosesc, curent, filtrele de lumină. Cea mai ușor de observat este planeta Jupiter, iar cele mai dificile

sînt planetele interioare, Mercur și Venus. Marte prezintă condiții bune de observare doar în timpul opozițiilor, mai ales a marilor opoziții, care se repetă la fiecare 15—17 ani; viitoarea mare opoziție va fi în anul 1988.

7.4. Observarea stelelor variabile

Acest cimp de activitate este foarte recomandat amatorilor, cele peste 30 000 de stele variabile cunoscute în prezent (și numărul lor este în continuă creștere) neputînd fi studiate intens de astronomii profesioniști. Se disting două feluri de observații, cu scop didactic și de antrenament, asupra unor stele variabile bine cunoscute, cum sînt β Per, β Lyr, δ Cep și η Aql sau observații de interes științific, asupra unor stele mai puțin studiate. Observațiile pot fi efectuate fie numai cu telescopul, cu binoclul sau chiar cu ochiul liber, prin așa-numitele estimări din ochi, prin metodele lui Argelander, Pickering și Nijland-Blajko, fie cu ajutorul unui fotometru vizual. Un observator antrenat poate atinge, după sute și mii de observații, o precizie de 0,05 mărimi stelare cu aprecierile din ochi, în timp ce un amator începător, după cîteva zeci sau sute de observații susținut efectuate poate atinge o precizie de 0,1 magnitudini.

Folosind fotometrele vizuale se pot atinge erori maxime de 0,01 mărimi stelare prin medierea unui mare număr de observații de aceeași fază. Stelele variabile se pot studia și fotografic, cu ajutorul camerelor cu distanță focală medie și mică.

7.5. Observarea cometelor și nebuloaselor

Nebuloasele, amorfe sau planetare, luminoase sau întunecate, pot fi observate de astronomul amator în scopuri demonstrative. Pentru a face observații în scop de cercetare științifică asupra acestor formațiuni cosmice sînt necesare instrumente mai mari, în general inaccesibile amatorilor. În cazul cometelor însă, amatorii pot avea o contribuție remarcabilă nu numai în procesul descoperirii de noi comete, ci și în studierea acestora. Prin metode vizuale sau fotografice, amatorii pot efectua fotometrarea capului și nucleului cometei, cît și studiul distribuției materiei în cozile cometelor sub acțiunea vîntului solar. Amănunte despre observarea cometelor se găsesc în cartea *„Asteroizi și comete"* de V. Nadolschi.

ÎNCHEIERE

Iată-ne ajunși la sfîrșitul acestei lucrări care-și propune să contribuie la stimularea mișcării astronomilor amatori din țara noastră.

În primele pagini, am dat exemple strălucite de astronomi amatori din istoria științei mondiale.

Putem menționa că, la începutul secolului acesta, Victor Anestin, ziarist și pasionat astronom amator român, a scos una din puținele reviste de astronomie populară din lume (revista „Orion") și că numai peste cîțiva ani înființa Societatea Astronomică Română „C. Flammarion", dinamizînd în jurul său și alți pasionați ai Uraniei; printre aceștia se număra contraamiralul Vasile Urseanu, care avea să realizeze primul observator astronomic particular mai important din țară, în localul căruia se află acum Observatorul astronomic popular din capitală. În timpul ultimului război mondial, profesorul de matematică Victor Daimaca a descoperit cu un delfort două comete noi. Rezultate mai bune s-au înscris în domeniul construcției de telescoape, unde putem spune că avem o oarecare tradiție.

Urmează ca aceste instrumente astronomice existente în prezent, cît și cele care vor mai apărea în urma acestei lucrări, să fie folosite intens de către astronomii amatori de la noi, în activitatea lor de cercetători ai cerului și de popularizatori ai cunoștințelor despre Univers.

ANEXA

Tabelul 1

Expuneri maxime

F/D	1	1,5	2	2,8	3,5	4,5,	6,3	8	10
T max	5 min	10 min	15 min	30 min	45 min	75 min	2,5 ore	4 ore	6 ore

Tabelul 2

Mărimi stelare limită

F/D \ D(cm)	1	2,5	5	7,5	10	15	20
3	10,2	12,1	13,6	14,4	15,0	15,8	16,3
5	11,2	13,1	14,6	15,4	16,0	16,7	17,2
7	11,8	13,7	15,2	16,0	16,6	17,3	17,8
10	12,4	14,3	15,8	16,6	17,2	17,9	18,4

Tabelul 3

Timpi de expunere și mărimi stelare atinse

T \ D(cm)	1	2,5	5	7,5	10	15	20
1 min	7,1	9,0	10,5	11,3	11,9	12,6	13,1
5 min	8,5	10,5	12,0	12,8	13,4	14,1	14,6
10 min	9,1	11,2	12,5	13,3	13,9	14,6	15,1
30 min	10,1	12,1	13,5	14,3	14,9	15,7	16,2
1 oră	10,6	12,6	14,1	14,9	15,5	16,2	16,7
2 ore	11,2	13,1	14,6	15,4	16,0	16,7	17,2
4 ore	12,0	13,8	15,4	16,1	16,8	17,5	18,0
6 ore	12,5	14,3	15,8	16,6	17,2	17,9	18,4

BIBLIOGRAFIE

1. ALEXESCU M., *Cerul, o carte pentru toți*. Ed. Albatros, București, 1974
2. BÎKOV B. Z. și alții, *Tehnologia prelucrării pieselor optice*, Ed. Tehnică, București, 1977
3. BOICO VLADIMIR, „Condițiile astronomice de observare a stelelor în munți", Comunicările Academiei, Tom II, nr. 3—4, 1952, p. 228/231
4. CAZACU EUGEN, „Construiți-vă un telescop", Almanahul Ziarului Științelor, București, 1948
5. CUREA IOAN, „Atlas stelar descriptiv", Univ. din Timișoara, 1970
6. DICU AL., *Manualul fotografului amator*, Ed. Științifică, București, 1961
7. KULIKOVSKIJ P. G., *Îndreptarul astronomului amator*, Nauka, Moscova, 1971
8. LACHENAUD M., *Construction, reglage et essais des instruments d'optique*, Dunod, Paris, 1966
9. LINK FRANTIŠEK, „Lunar eclipses", in *Astronomy. A Handbook*, Ed. G. D. Roth, Springer-Verlag New York Heidelberg Berlin, 1975
10. MAKSUTOV D. D., *Realizarea și studiul opticii astronomice*, OGIZ, Leningrad-Moscova, 1948
11. MAMAEV G., *După lecții*, Ed. Tineretului, București, 1952
12. MARTÎNOV D. I., *Curs de astrofizică practică*, Nauka, Moscova, 1967
13. NABOKOV M. E., *Observații astronomice cu binoclul*, Gostehizdat, Moscova, 1948
14. NADOLSCHI V., *Construiți un telescop*, Ed. Tineretului, București, 1965
15. NADOLSCHI V., *Asteroizi și comete*, Ed. Albatros, București, 1971
16. NADOLSCHI V., ALECSESCU M., *Cu mijloace simple, observații astronomice*, Ed. Științifică, București, 1965
17. NAVAȘIN M. S., *Telescopul astronomului amator*, Nauka, Moscova, 1967

18. NOVAC M., *Fotografia de la A la Z*, Ed. Tehnică, București, 1973
19. SCURTU V. V., „Cine a inventat luneta", revista „Cronica", nr. 16, 1978
20. SINGEORZAN ION CORVIN, *Universul nemărginit și veșnic*, CRCSMB, București, 1975, p. 45—65 („Explicații cu privire la hărțile cerești și tabelele anexate").
21. ȘARONOV V. V., *Soarele și observarea lui*, Ed. Tehnică, București, 1955
22. TEXEREAU J., *La construction du telescope d'amateur*, Ed. SAF, Paris, 1950
23. TEXEREAU J. et VAUCOULEURS G., *L'Astrophotographie d'amateur*, Ed. de la Revue D'Optique théorique et instrumentale, Paris, 1954
24. *Anuarul astronomic*, Ed. Academiei R. S. România, București (apare în fiecare an).
25. *Astronomical techniques*, W. A. Hiltner Editor, Chicago, 1962
26. *Construcția telescoapelor de amatori*, Nauka, Moscova, 1964
27. *Curs de astrofizică și astronomie stelară*, Nauka, Moscova, 1973
28. *Homebuilt telescopes*, Edmund Scientific Co., Barrington-New Jersey, 1964
29. *Note și observații astronomice*, București, 1959
30. *Telescoapele amatorilor*, Nauka, Moscova, 1975
31. *Telescopes*, G. P. Kuiper and B. M. Middlehurst Eds., Chicago, 1960